

タンカー用救命艇の研究

山崎福太郎* 長田 修*

Study on Tanker Life Boats

By

Fukutarō Yamazaki and Osamu Nagata

The International Conference on SOLAS, in 1960 recommends that Contracting Governments should make a study of tanker life boats to be capable of resisting fire with their full complement.

Accordingly, we designed and constructed a tanker life boat based on the some fundamental experiments, and finally carried out ability tests including fire-resisting tests.

Now, our tanker life boat could be confirmed to be safely escaped from the sea on fire with the full complement.

目 次

1 まえがき	5.3 艇体構造
2 目 的	5.4 散水装置
3 タンカー用救命艇の具備すべき条件およびその対策	5.5 エンジンの給気方法
4 基礎実験	5.6 給気装置
4.1 散水実験	6 試作艇の性能試験
4.1.1 配管およびヘッド	6.1 運転試験
4.1.2 多孔管式散水実験	6.2 散水試験
4.1.3 水ヘッド式散水実験	6.2.1 多孔管式散水試験
4.1.4 泡ヘッド式散水実験	6.2.2 水ヘッド式散水試験
4.1.5 三方式の比較	6.2.3 泡ヘッド式散水試験
4.2 出入用蓋の気密実験	6.3 気密試験
4.2.1 実験方法	7 試作艇の耐火実験
4.2.2 実験結果	7.1 調査, 測定した主要事項
4.3 高圧空気の放出試験	7.2 実験池
4.4 エンジンの運転試験(吸気中の酸素量が減少した場合)	7.3 実験の種別および日時
5 試 作 艇	7.4 実験準備
5.1 主要寸法等	7.4.1 艇の状態
5.2 艇 型	7.4.2 遠隔操作
	7.4.3 測定機器類
	7.4.4 油火災用燃料
	7.5 A 実 験
	7.5.1 実験順序

* 大阪支所

- 7・5・2 火災状況等
- 7・5・3 測定結果
- 7・5・4 艇体の損傷状況
- 7・5・5 考 察
- 7・6 B 実験
 - 7・6・1 実験順序
 - 7・6・2 火災状況等
 - 7・6・3 測定結果
 - 7・6・4 艇体の損傷状況
 - 7・6・5 考 察
- 8 結 語
- 9 謝 辞

1. ま え が き

1960年ロンドンにおいて IMCO 主催の“海上における人命の安全のための国際会議”の決議中には次の勧告事項がある。

タンカー用救命艇

本会議は、タンカー用救命艇はダビットに格納されている場合火災に耐え、満載状態にて安全に降下でき、かつ海面火災時にあっても船側から離脱することが必要であることを銘記し、締約政府はタンカー用救命艇の研究、特に次の点を包含する研究を継続することを要求する。

- (a) タンカー用救命艇は不燃性かつ耐火材料で構成し、更に適当に防熱することの必要性
- (b) 最大限に救命艇を冷却する散水装置
- (c) 乗艇者を火災、高温および煙より保護するための対策装置

本会議は更に、締約政府は上記事項に関する研究結果を通報のため、機関に報告すべきことを勧告する。

しかるに我が国でも既に数年前よりソ連向け輸出用タンカーに積載するこの種の救命艇を製作しつつある。

このような状況下にあるため、最も信頼度の高いタンカー用救命艇を求める必要に迫られ、その開発研究をおこなうこととしたが、このときに当り科学技術庁より特別研究調整費に関し特に配慮を得たので、救命艇を試作、実験することができた。

2. 目 的

タンカーが遭難した場合にはその周辺海面上に油が流れ、大火災が発生する恐れがある。例えば1962年11月18日、京浜運河に発生した第一宗像丸とケラルド・

プロビク号のタンカー衝突事故ではガソリンによる海面火災のため死者約40人を出した。タンカー用救命艇は海面火災時にあっても乗員を満載して本船より安全に海面上に降下でき、更に艇体および乗員に被害を与えず無事に火災中を突破できなければならない。

これらの性能を有するタンカー用救命艇の設計資料を得るため、当所においてはまず各種の基礎実験をおこない、次にこれ等の成果にもとづいてタンカー用救命艇を設計、試作し、最後に試作艇について数種の性能試験および耐火実験を実施した。

3. タンカー用救命艇の具備すべき条件およびその対策

艇体および乗員に何らの被害を与えず、安全に火災海面上を突破できるタンカー用救命艇は、一般の救命艇に要求される性能に加えて、次の考慮および対策を施す必要がある。

1) 周辺の火災海面から艇および乗員を防護するため、艇の上部を完全な密閉型にする必要がある。また艇出入用蓋は艇上部両舷にできるだけ広い範囲に設け、多数の人間が容易に乗艇できるよう充分な対策を必要とする。

2) 海面までの艇の降下および本船よりの離脱作業は全員を艇に収容した後、密閉した艇内より確実、容易に操作できるよう新しい型式の離脱装置を必要とする。

3) 艇体材料としては木製、軽金属製、鋼製および強化プラスチック製等が考えられるが、最も安全かつ実用的見地より鋼製が適当である。

4) 艇体および乗員を周辺の高熱から防護するため、水線上の艇全外表面を充分かつ一様な散水で冷却する必要がある。このため次の各事項に留意せねばならない。

- (イ) 散水は艇外面を剝離せず、ゆるやかに流下すること。このため艇のシアーを廃し、艇首尾の流水効果をあげることは有効である。更に艇外表面には局部的な凹凸を避け、またシュルター、デッキ、艇首尾および操舵室の隅角部等はできるだけナックルラインを避け丸みを付け、またシュルター上部および側部にはゆるやかな傾斜を与え、流水の艇体剝離を防ぐ必要がある。

(ロ) 散水管は艇の中心線になるべく艇体に近接してもうけ、噴水は艇上部から艇外面に沿い自然流下することが望ましい。また散水は艇の航走によ

る向い風および火災により誘起される風等の影響を充分に考慮して、ヘッドの数および配置を定める必要がある。

5) 海面火災により発生する海面上の高温かつ酸素の不足した空気が艇内に流入するのを防止するため、艇体の気密を確実にする必要がある。このため出入用蓋の剛性、クリップの数および配置、更にパッキングの材質等には充分留意し、またリフティングフックのスピンドルが艇体を貫通する箇所は回転式とし、更にテイラーおよび出入用蓋にもうけたクリップの艇体貫通部にはグランド、パッキング等を取付け充分気密に留意する。

また艇内圧を外圧よりやや高目に保ち、かつエンジンの給気を供給するため艇内には高圧空気容器を備え、これに空気放出量を容易に調節できる圧力調整弁を附属させる必要がある。

6) 火災中において艇の附属機器が故障することは絶対に許されない。特にエンジン、ポンプおよび給気装置等には絶対的な信頼性を必要とする。

4. 基礎実験

上記のタンカー用救命艇対策のうち最も重要なものは艇体の冷却対策と気密および給気対策である。従っ

てこれ等につき各種の基礎実験を実施し、実艇設計時の資料を求めた。

4.1 散水試験

4.1.1 配管およびヘッド

艇体全外表面を充分かつ一様な散水で冷却するための実用的手段として次の3種を選び、比較検討した。

- I) 多孔管式 散水管全般に多数の噴水用小孔を設けたもの。
- II) 水ヘッド式 散水管に数個のヘッドを設けたもの。
- III) 泡ヘッド式 冷却効果を一層向上させ、所要水量を極力少くする意図で、数個の泡ヘッドより空気泡を放出させるもの。

これ等三方式の各々につき、噴水孔またはヘッドからの流水または空気泡が(風等が影響した場合を含め)複雑な艇外表面を一様に覆うため必要な噴水孔またはヘッドの数および配置、更に流量および管内圧力を求めることが散水実験の主要な目的である。

実験は実物大の艇体模型に図4.1および図4.2のとおり径 25~50 (mm) の配管に散水用小孔またはヘッドを配置し、それぞれの散水状況を調べた。その主要事項は次のとおりである。

1) 多孔管式散水管

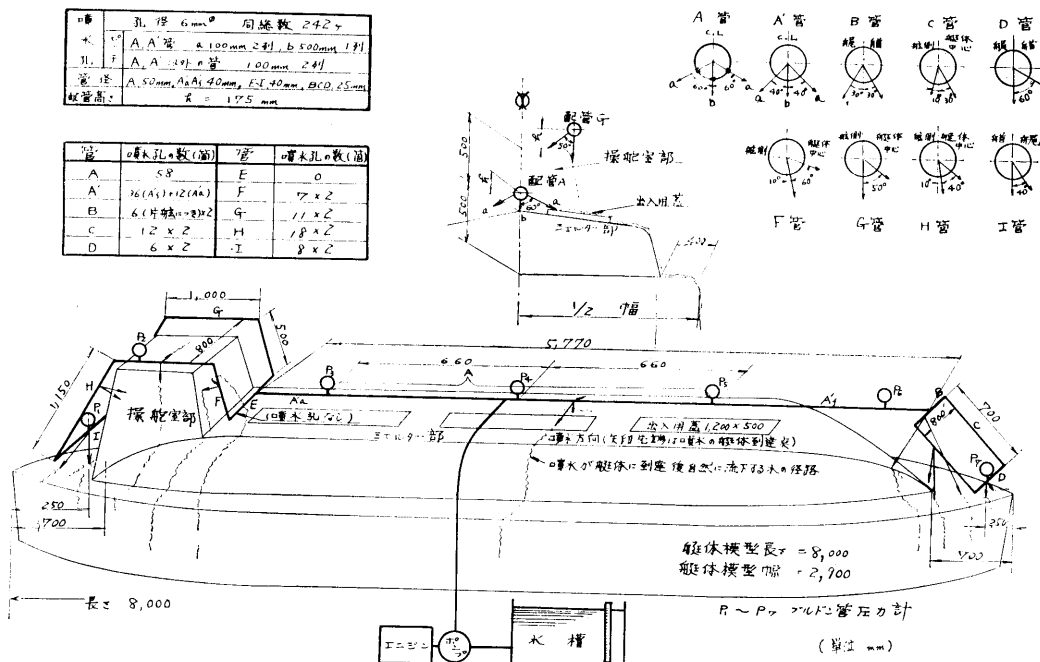


図 4.1 散水基礎実験 (多孔管)

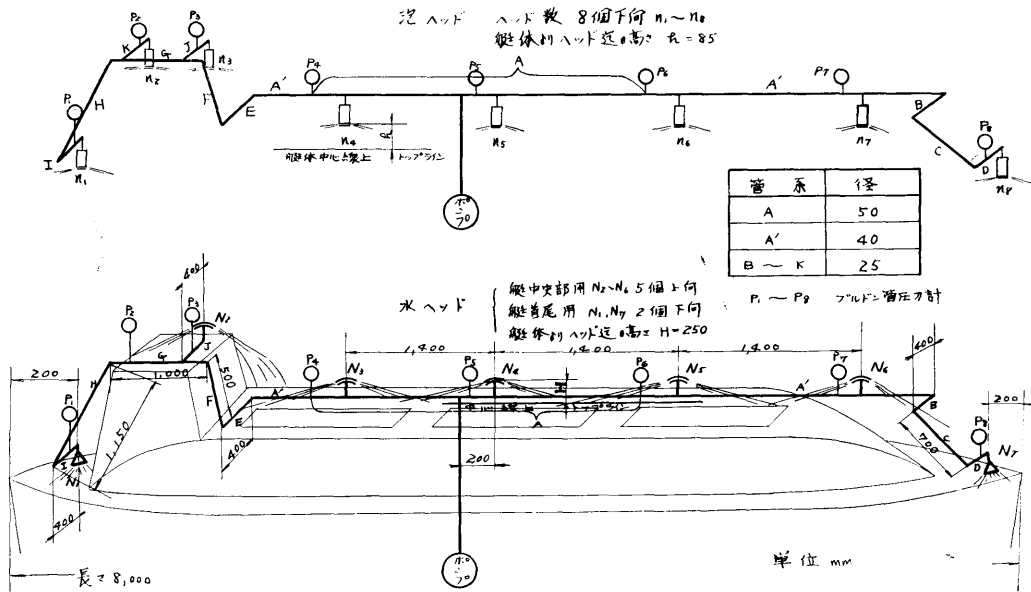


図 4.2 散水基礎実験（ヘッド用配管）

(i) 艇中央部 艇の中心線に沿いシェルター最上部から 175mm の高さに径 50mm (図 4.1 の A 管) または 40mm (図 4.1 の A' 管) の鋼管を配置し、これに径 6mm の噴水用小孔を 3 列設けた。このうち 2 列はピッチ 100mm で両舷の出入用蓋上面、シェルターおよび外板側面を防護するもの (図 4.1 の a 方向噴水) であり、他の 1 列はピッチ 500mm で出入用蓋およびコーミング間のウェル部を防護するためのもの (図 4.1 の b 方向噴水) である。

(ii) 艇首尾部 艇首尾部および操舵室の附近は艇型が複雑であるから径 25mm または 40mm の鋼管を艇の左右各舷に配し、その各々にピッチ 100mm の噴水孔 (径 6mm) を 2 列宛設けた。噴水はなるべく艇体上部より艇体に沿いゆるやかに自然流下するよう、その噴水方向を定めた。その詳細は図 4.1 のとおりである。

2) 水ヘッド

散水目的により艇中央部および首尾に使用した水ヘッドはそれぞれ図 4.3 および図 4.4 のとおり形状および寸法を異にしている。

(i) 艇中央部 図 4.3 に示す艇中央部用水ヘッドは水平よりやや下向きに四方に散水する形式の水ヘッドで、艇中央部および操舵室上部に計 5 個 (図

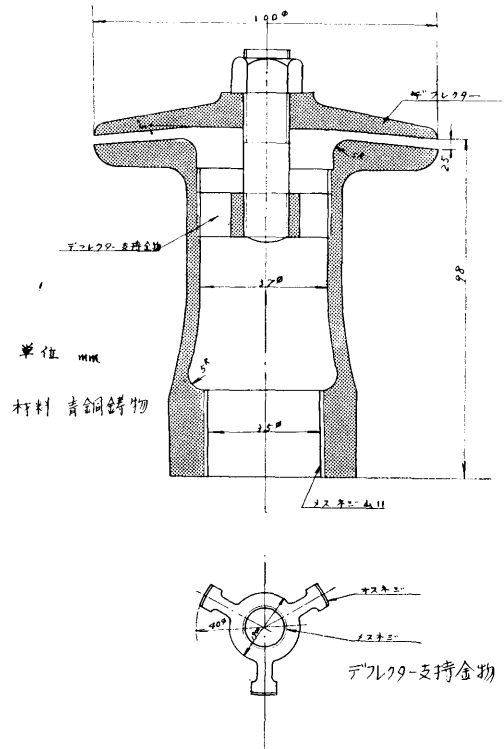


図 4.3 水ヘッド（艇中央部用）

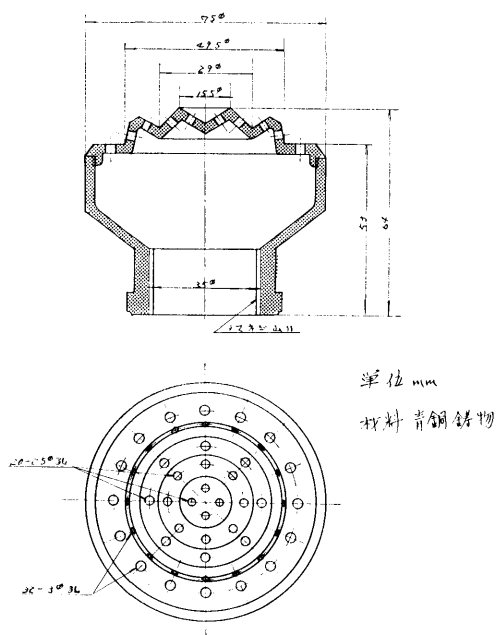


図 4.4 水ヘッド (艇首尾用)

4.2 の $N_2 \sim N_6$) 設けた。

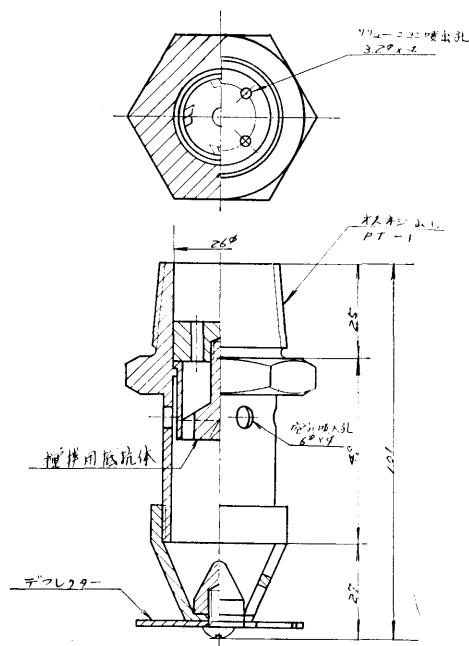
(ロ) 艇首尾部 図 4.4 に示す艇首尾用水ヘッドは径 2.5 mm および 3 mm の噴水孔を 52 箇もち、複雑な艇型に対処するため小範囲かつ大量に噴水させるよう計画した水ヘッドで、これを艇首尾に各 1 個宛 (図 4.2 の N_1 および N_7) 設けた。

3) 泡ヘッド

数種類の泡ヘッドを試作し、それぞれについて圧力、流量、発泡倍率、泡の放出角度および発生泡の性質等を調べ、良好なものとして図 4.5 の泡ヘッドを選んだ。これは径 25 mm の管に空気吸込口、攪拌用抵抗体 (溶液と空気を攪拌し発泡させるもの) およびデフレクター (発生した泡を四方に分散させるもの) をもつもので、これを図 4.2 の位置に 8 個使用した。

4.1.2 多孔管式散水実験

管内始端圧力 (図 4.1 の P_4) と流量の関係を図 4.6 に示す。初め艇尾部の配管 (図 4.1 の $E \sim I$ 管) の径を艇首と同様 25 mm として実験したが、 P_4 が 0.14 kg/cm^2 のとき操舵室上部 G 管より殆ど水が出なかったため、これを径 40 mm に取り換え、操舵室部の防護を充分にした。図 4.6 より G 管の噴水孔 1 個当りの平均流量は艇体中央部 A 管の平均流量の約半分であることが判る。これは G 管が高所に位置し、更に



単位 mm
材料 青銅

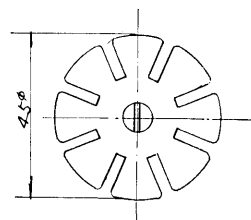


図 4.5 泡ヘッド

管抵抗のため管内圧が小となったためである。即ち図 4.6 のとおり全流量 950 l/min のとき管内始端圧力 P_4 は 0.21 kg/cm^2 、管内末端圧力 P_1 および P_7 はそれぞれ 0.11 kg/cm^2 および 0.12 kg/cm^2 であったが、 G 管内の圧力 P_2 は 0.05 kg/cm^2 であった。従って G 管よりの噴水量を大きくするため $E \sim I$ 管の管径を大きくすると同時に H, I 管の噴水孔の数をできるだけ少くするのがよい。全流量は $695 \sim 1,550 (\text{l/min})$ の範囲で散水状況を観察したが、あまり流量を大きくすると艇体表面に当たった散水ははねかえり直接艇外へ飛び出し冷却効率が低下する。全流量 800 l/min (管内始端圧力 $P_4 = 0.14 \text{ kg/cm}^2$) のとき、艇体全外表面は $0.5 \sim 1.0 (\text{mm})$ の水膜で完全に覆うことができた。流量が 800 l/min から漸次減少するに伴い、先ず G 管よりの噴水量が著しく減少し始め、ついで H, B, C 管の順で噴水量は減少した。

4.1.3 水ヘッド式散水実験

使用した水ヘッドの性能曲線を図4.7に示す。また管内始端圧力 P_0 (図4.2参照) と流量の関係を図4.8に示す。即ち艇体中央直管部の水ヘッド $N_3 \sim N_6$ の流量は操舵室上部および艇首尾の水ヘッド N_2, N_1, N_7 のものより噴水量が約5割多い。しかし前者の水ヘッド間の距離は比較的大きくしたので、艇体冷却効果は全般にわたりほぼ同じ程度と思われる。艇体中央部用の水ヘッドは管内圧力が 0.5 kg/cm^2 を超えると、散水は直接舷外へ飛び出すようになる。従って管径およびヘッドの高さが実験に使用した程度のものでは管内始端圧力 P_0 は 0.35 kg/cm^2 位が適当である。一般に水ヘッド式は多孔管式と異なりヘッド直下の艇体防護は不充分であるから、この部分は隣接したヘッドの散水で覆うようにする必要がある。このためヘッド間のピッチは管内圧力が 0.35 kg/cm^2 のとき約 1.0 m が適当と考えられる。なお操舵室上部には水ヘッド N_2 1個を設けたがヘッド直下の操舵室前壁面は殆ど濡れなかった。従って操舵室天蓋上の後方に水ヘッドを1個増設するか、操舵室前方の立上り管Fに数個の噴水用

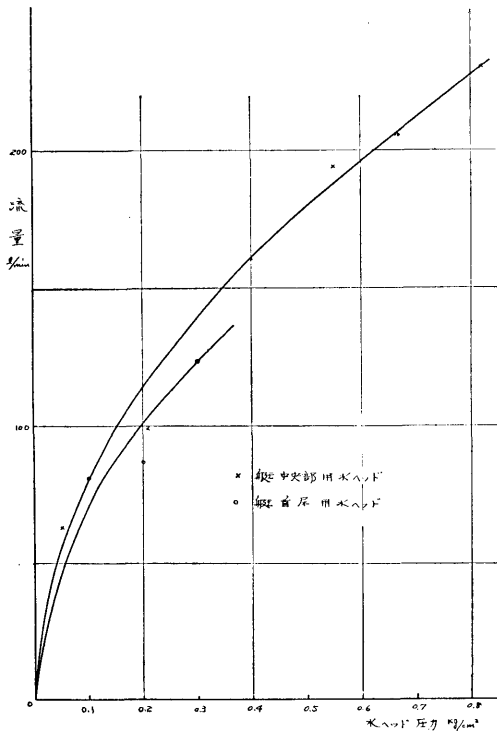


図 4.7 水ヘッド性能曲線

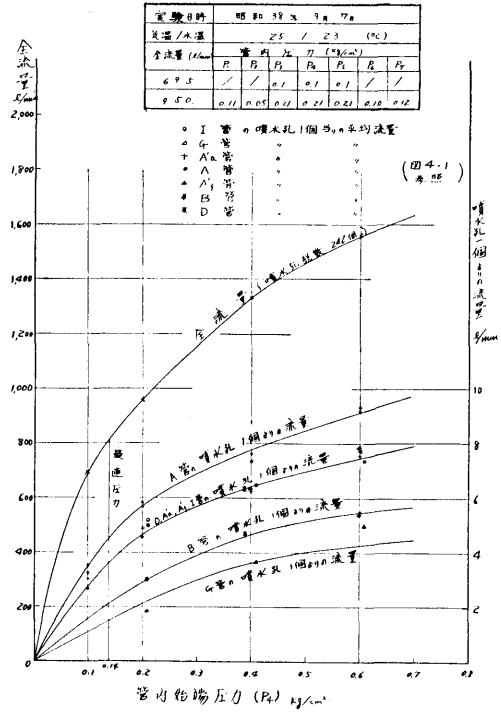


図 4.6 圧力—流量曲線 (多孔管基礎実験)

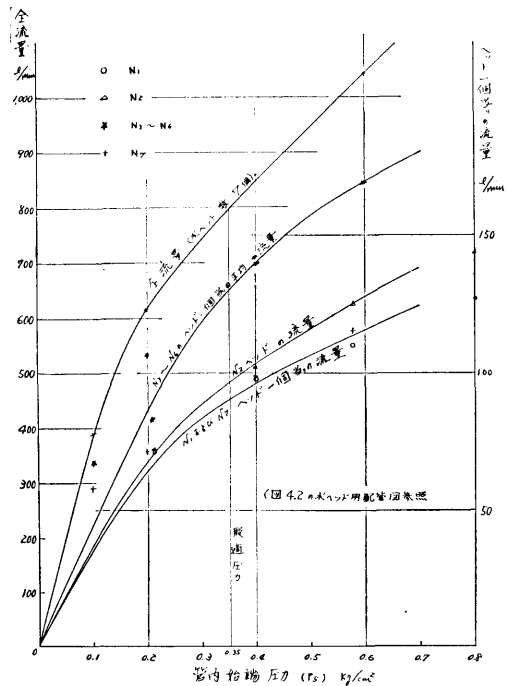


図 4.8 圧力—流量曲線 (水ヘッド基礎実験)

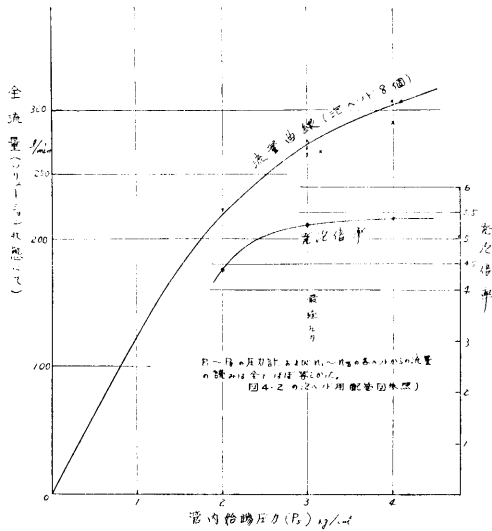


図 4.9 圧力—流量曲線 (泡ヘッド基礎実験)

小孔を設け、一部多孔管と併用する必要がある。艇首尾部の水ヘッド N_1 および N_7 よりの散水は艇体に衝突後四方に分散し、概ね良好であった。散水は管内始端圧力 P_0 が 0.35 kg/cm^2 、全流量 800 l/min 程度にて無駄なく艇体全外表面を一様に覆うことができた。

4.1.4 泡ヘッド式散水試験

管内始端圧力 (図 4.2 の P_0) と全流量 (ソリューションの状態) の関係を図 4.9 に示す。発泡倍率は管内圧力が 3 kg/cm^2 のとき 5.3 倍であり、それ以下の圧力では発泡倍率が急激に減少するので実験は管内始端圧力を 3 kg/cm^2 とした。このときの全流量は 270 l/min であり、艇体全外表面を一様な厚みで覆うことができた。泡ヘッドのデフレクターは図 4.5 のとおり周辺に切り欠きを設けたもの (八つ手型) で、ヘッド直下の艇体も泡で充分覆うことができた。また泡の粘性は水に比べればかなり大きいため艇体外表面をゆるやかに流動し、艇体を $5 \sim 10 \text{ (mm)}$ の厚さの泡ですみずみまで覆うことができた。このように泡を使用すると散水の場合よりも冷却効果が一層向上するものと思われるが、その反面風の影響を受け易い。従って泡ヘッドは特に艇体に近接させて設け、風への対策も考慮して、泡ヘッドの数および流量を前記の値より更に増加する必要がある。

4.1.5 三方式の比較

泡冷却と水冷却を比較すると、前者の流量を後者の約 $1/3$ にした場合においても泡の厚さは水膜厚さの約

10 倍程度であり、艇体の冷却効果は泡が著しく優れている。一方艇が風の影響を受ける場合は、風速 8 m/sec 以下では水の場合殆んど影響がなく、向い風において艇首の水ヘッド N_7 よりの散水がやや後方に流れる程度である。これに対し泡は向い風では一応さしつかえないが、斜風 5 m/sec 以上または横風 3 m/sec 以上になると風上側の舷が漸次濡れにくくなり、横風 5 m/sec 以上になると艇の全長にわたり、特に中央部が殆ど露出し危険である。

多孔管式と水ヘッド式を比較すると、後者がシェルターの上部、特にヘッド直下が濡れにくいのに反して、前者は艇体の上部より下部に散水が流下するため水の無駄がなく、また艇体を一様な散水で覆うことができるため、冷却効果の点で明らかに水ヘッド式より優れている。ただ艇首尾および操舵室等の艇型が複雑なところでは水ヘッドとの併用が望ましい。

以上を総合すると十分に計画された冷却方式ならば、いずれを採用しても実用に供しうるが、その中でも多孔管式がやや優れ、次に水ヘッドの順である。

4.2 出入用蓋の気密実験

4.2.1 実験方法

出入用蓋に有効な気密性能を与えるためクリップの数およびその配置、更にクリップ締付力等の関係を調べた。図 4.10 および図 4.11 に気密蓋、クリップ等の実験装置を示す。気密蓋は $1,200 \times 500 \text{ (mm)}$ の長方形とし、厚さ 10 mm のゴムパッキングを厚さ 3.2 mm のハッチコーミングにクリップで締付ける。クリップの長さは 150 mm 、締付用クサビは傾斜角 5.7 度のもので蓋に固着せず、各クリップの締付力を自由に調節するため、蓋上面とクリップとの間で任意に定置できるようにした。

実験はクリップの数および配置を次の 4 種とし、全てのクリップに同一の締付力を加えた場合を比較した。

- I) クリップ 4 個を 4 隅に配置したもの (図 4.10 の D 部)
- II) 4 個を各辺の midpoint に配置したもの (図 4.10 の A および F 部)
- III) 6 個を長辺に 2 個宛および短辺中央に 1 個宛配置したもの (図 4.10 の B および F 部)
- IV) 8 個を各辺に 2 個宛配置したもの (図 4.10 の B および E 部)

1) 締付力

締付力の大きさは次の 2 方法により求めた。

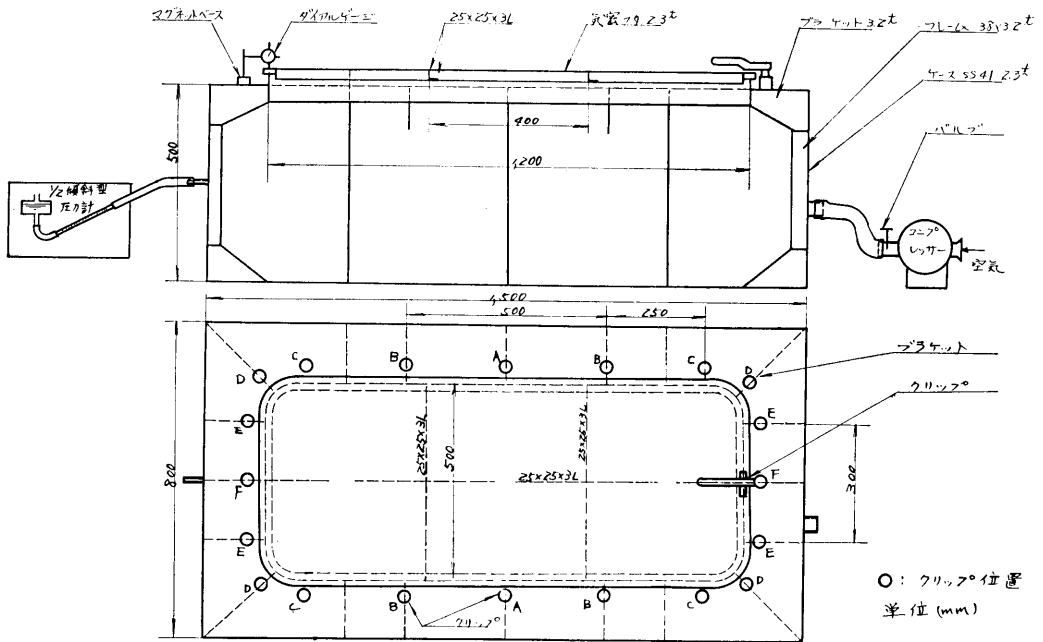


図4.10 気密フタおよび実験装置

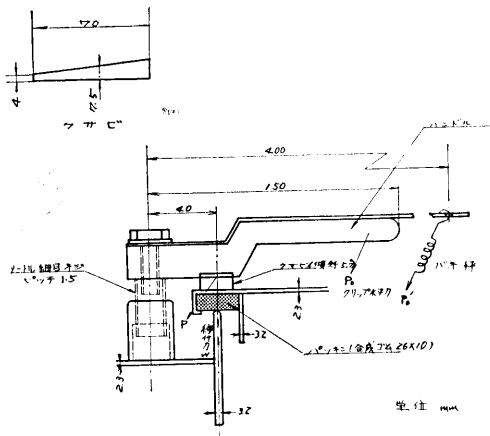


図4.11 クリップ

- (イ) 各クリップに与えた締付力により生ずるパッキングの平均圧縮量を測定し、別に求めたパッキングの荷重～圧縮量曲線(図4.12)より求める。
- (ロ) クリップ先端のバネ秤で水平力および解放力を計測し、図4.13の(2)式より計算して求める。

実験の結果、両者はよく一致した。

2) 気密度

槽内圧力を外圧より高くした後、送気を停止すれ

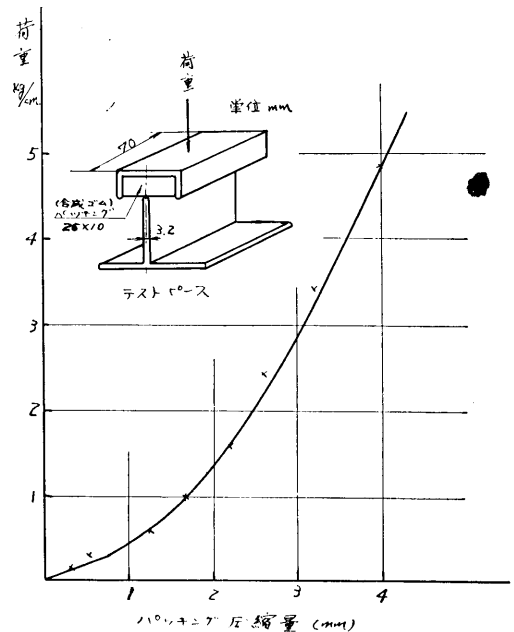


図4.12 パッキング荷重～圧縮曲線

ば、槽内圧力は時間の経過と共に降下し、(3)および(4)式より近似的に求めた(5)式を満足する。従って時間 t 秒後における槽内圧力を測定し、(5)式より気密度(間

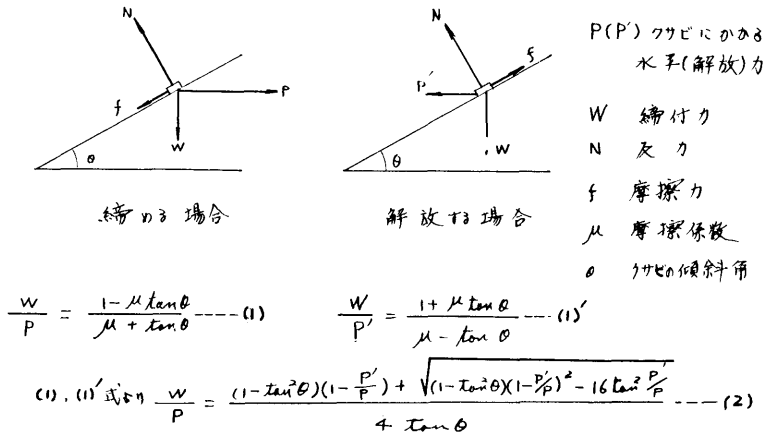


図4-13 クリップに加わる水平力と締付力の関係

隙) $h(m)$ が求まる。

$PV = GRT \dots (3)$

$dG = lh \sqrt{2g(P - P_a)} P / RT \, dt \dots (4)$

$t = V / lh \cdot \sqrt{2/gRT} \cdot (\sqrt{x_0 - 1} - \sqrt{x_p - 1}) \dots (5)$

ただし

- G 気密槽内空気重量 (kg)
- P t 秒後の槽内絶対圧力 (kg/m²)
- P_a 外気絶対圧力 (kg/m²)
- t 時間 (sec)
- V 気密槽内空気容積 (m³)
- T 空気の絶対温度 (°K)
- R 空気のガス常数 29.27 (m³/°K)
- g 重力加速度 9.8 (m/sec²)
- l 気密蓋コーミングの周辺長さ (m)
- h 気密度 (間隙) (m)
- x₀ 槽内初期絶対圧力 (P₀) と外圧の比 (P₀/P_a)
- x_p t sec 後の槽内絶対圧力と外圧の比 (P/P_a)

4.2.2 実験結果

締付力と気密度 (間隙) の関係は図 4.14 のとおりで、クリップ 4 個を 4 隅に設けたもの I), クリップ 4 個を各辺の midpoint に配置したもの II), 6 個を長辺に 2 個宛および短辺中央に 1 個宛配置したもの III), 8 個を各辺に 2 個宛配置したもの IV), の順で気密性能が良くなることが判る。また図 4.15 にパッキング圧縮量の分布状態を示す。即ち気密蓋の性能はパッキング圧縮量の最小値がなるべく大きく、かつ圧縮量が蓋の全周にわたり一様である程良好である。

試作艇について艇内圧力を一定に保つとき、6 個の

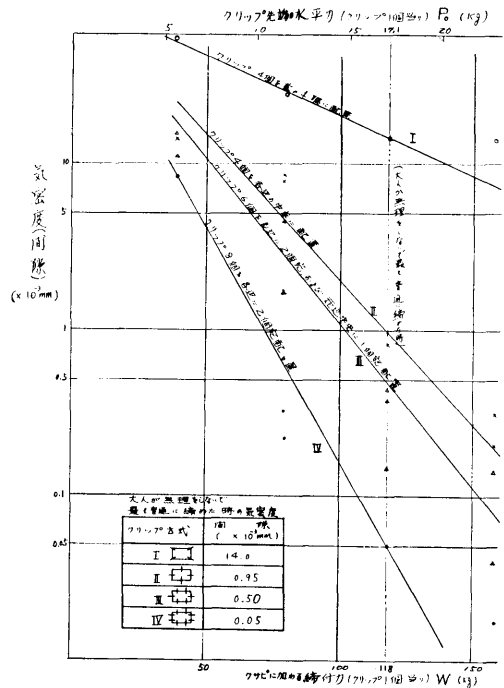


図4-14 締付力と気密度の関係

気密蓋 (出入用蓋) を通じ艇内より漏出する空気量を (6) 式により算出すれば図 4.16 が得られる。

$q = 60 \times 1,000 lh \sqrt{2gRT(x_0 - 1)} \dots (6)$

ただし

- q 艇内圧を一定に保持するに要する給気量 (l/min)
- l 艇の気密蓋コーミングの周辺長さの総和 (m)

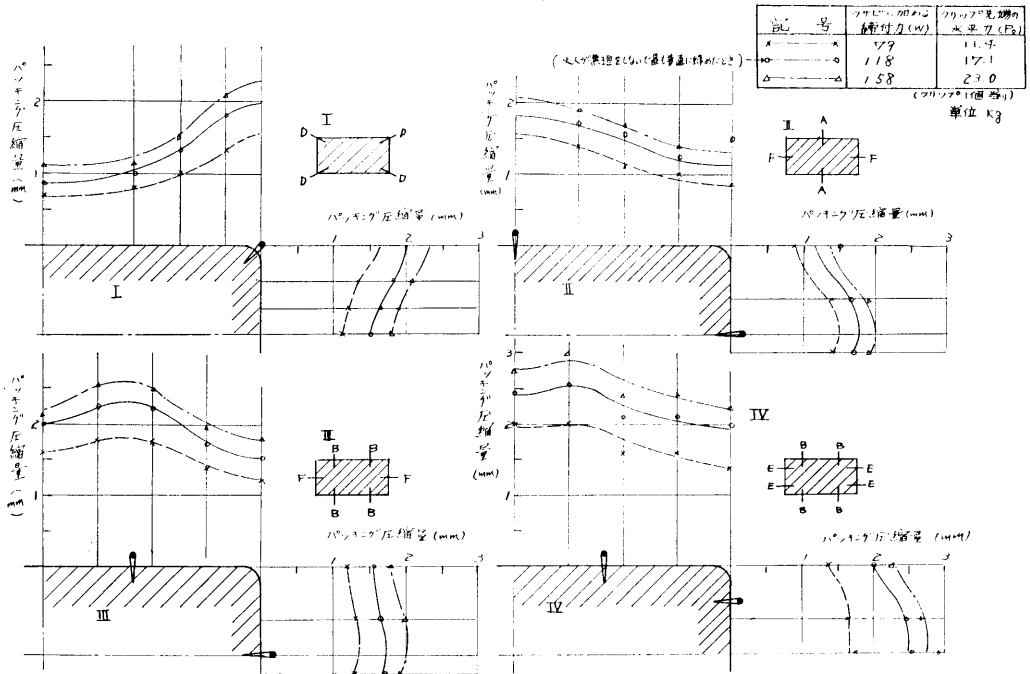


図4-15 パッキング圧縮量の分布状態

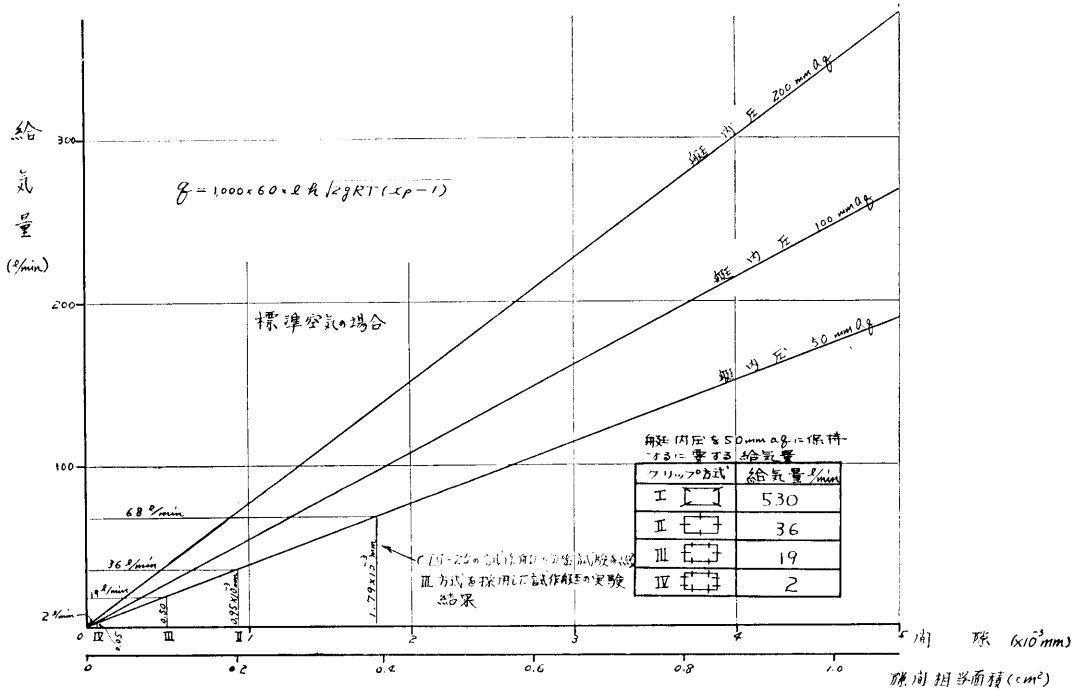


図4-16 艇内圧力を保持するに要する給気量

20 艇内絶対圧力と外圧の比

いま艇内圧を 50 mm (水柱) に保持する場合、上記方式 I)~IV) の給気量は図4-16のとおりで、I 方式で艇内圧を保つことは実用上不可能なことが判る。III) 方式によれば必要な給気量は 19 l/min であり、この程度であれば多少余裕をみて艇内の高压空気容気で充分補充できる。従って試作艇の出入用蓋には方式 III) のクリップ配置を採用した。

4-3 高压空気の放出試験

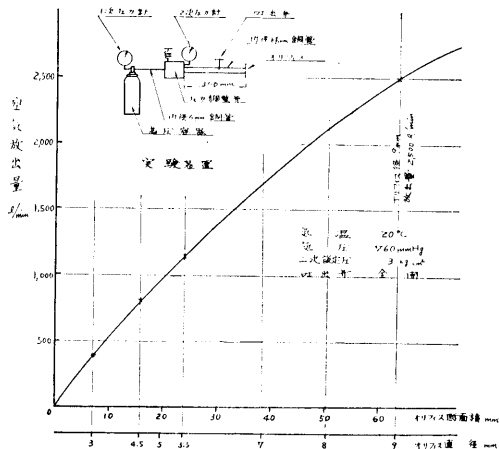


図4-17 高压空気の放出試験

艇内圧を 50 mm (水柱) に保ち、エンジンを標準回転数で運転する場合、艇内には常に 2,500 l/min (標準空気) の給気が必要とする。このため高压空気容器に附属させた圧力調整弁の放気管 (内径 14 mm) 内に設けるべきオリフィスの寸法を適当に定める必要がある。本艇では、圧力調整弁の二次設定圧力を 3kg/cm² としたときの実験結果 (図 4-17 参照) よりオリフィスを 9 mm に定めた。

4-4 エンジンの運転試験(吸気中の酸素量が減少した場合)

火災海面上の空気をエンジン給気に利用する場合、エンジン出力は酸素量の減少に伴い低下し、遂には停止する。

実験はエンジンの回転数および燃料噴射量を次のとおり変化させ、吸気中の酸素が減少した場合 (20.6% ~ 10% の範囲で) の発生トルクを測定した。

- I) 1,500回転, 燃料噴射量 36.6~39.6 (mm³/st)
- II) 2,000回転, " 35.4~36.1 (")
- III) 2,400回転, " 37.0~37.2 (")
- IV) 2,400回転, " 23.7~23.8 (")
- V) 2,400回転, " 16.8~17.4 (")

実験装置は図 4-18 のとおりである。使用したディーゼルエンジンは試作艇に備えたもので、図 4-19 はその性能曲線である。

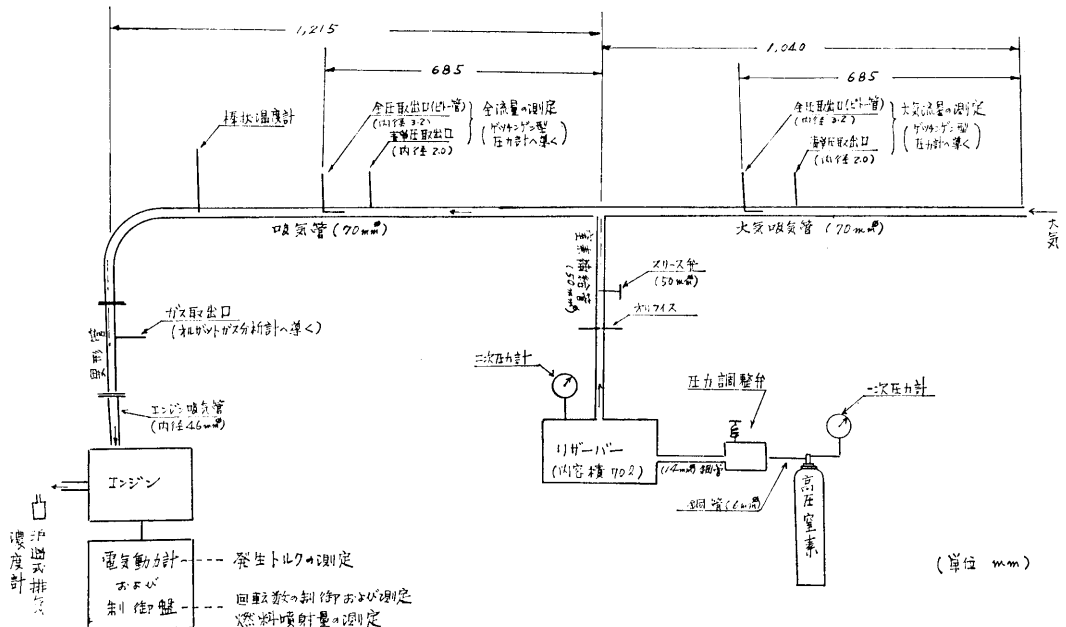


図4-18 エンジンの運転試験 (吸気中の酸素量が減少した場合)

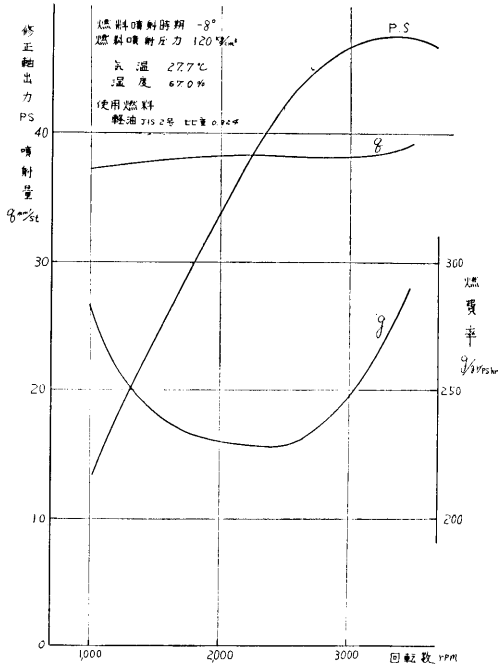


図4-19 エンジン性能曲線

実験結果は図 4-20 のとおりで、燃料噴射量が吸気中の酸素量に対して充分な量であれば、吸気中の酸素が減少するに伴い出力は低下する。(図 4-20 の I, II, III 曲線) 即ち吸気中の酸素量が 12.5% のとき出力は大気吸気時の 60% となる。酸素量が 12.5% 以下になると出力は急激に低下し、酸素量 10.5% でエンジンは停止する。

一方燃料噴射量が吸気中の酸素量に対して少ければ、この両者がバランスする点まで吸気中の酸素量が減少しても、出力比は一定であるが、更に酸素量が減少すると I, II, III の場合と同様出力は低下する。(図 4-20 の IV, V 曲線)

一般にエンジンの排気は酸素量が約 15% 以下になると極度に黒変し、11.5% (出力比 50%) 以下では出力が不安定になる。従って実用上エンジンを確実に運転するためには吸気中の酸素量は少なくとも 12.5% (出力比 60%) が必要である。

大気中において定格出力 2,400 回転/分、32 馬力のもを吸気中の酸素量 12.5% で運転すれば、回転数および出力はそれぞれ 2,000 回転/分および 20 馬力となり、このときの速力および散水量はそれぞれ 5.4 ノットおよび 667 l/min になるものと推定される。従ってこの程度の性能低下はタンカー用救命艇として使用可能な最低限度を示すものと思われる。

5. 試作艇

上記基礎実験に基づきタンカー用救命艇を設計、試作した。

5.1 主要寸法等

1960年の海上における人命安全条約によれば、タンカー用救命艇として最も一般的なものは長さ 8m と考えられるので、試作艇の長さは 8.000m とした。艇の幅は座席配置を考慮して 2.900m とし、深さは 1.200m シェルター上部までの全深さは乗艇者の座高を基準として 1.850m とした。本試作艇の要目は表 5-1 のとおりである。

5.2 艇型

本艇には海面火災時における冷却散水の一様性を考慮し、特に艇首尾が乾かないようシアを廃した。本艇は密閉型であるため浸波性を犠牲にしたものである。またシェルター上部からの散水は艇体に沿い静かに流下するよう、上部シェルターは水平に対し 6 度、側部シェルターは鉛直に対し 9 度それぞれ傾斜させた。更にこの両者の交点および舷側外板頂部にいずれ

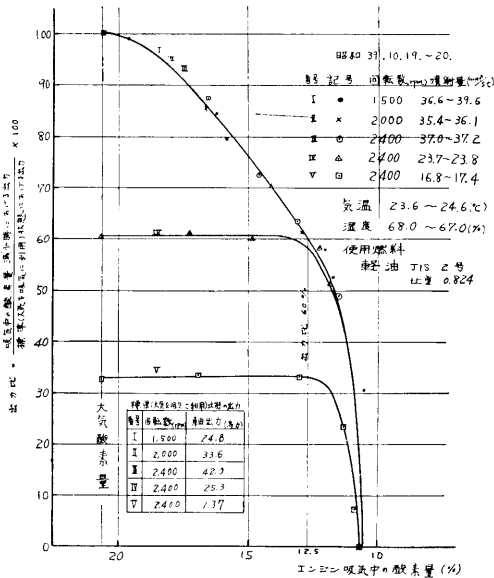


図4-20 吸気中の酸素量減少による出力低下

表 5-1 要 目

要 目		記 事	
艇 体	長 さ (m)	8.000	
	幅 (m)	2.900	
	深 さ (m)	1.200(1.850)	
	定 員 (人)	34	
	総 容 積 (m ³)	18.170	
	満 載 重 量 (kg)	7,200	
	平 均 吃 水 (m)	0.570	
	速 力 (kt)	6.00	
主機 (デ ゼ ィ ー)	型 式	4 サイクル 4 気筒水冷	
	軸 出 力 (HP)	32	
	回 転 数 (RPM)	2,400	
主気 機方 吸法	艇 内 吸 気	高圧容器より一旦艇内に放出した空気を吸気	
	艇 外 吸 気	火災海面上の外気を冷却後酸素を補給し吸気	
散 水 装 置	散水管 (25~50mm)	多孔管, 水ヘッド, 空気泡の 3 方式のいずれにも取換え可能	
		散 水 式	空 気 泡 式
	総 揚 程 (m)	5	35
	全 流 量 (l/min)	800	420
	動 力	主機前面より V ベルト 掛け (回転比 1)	
高気 圧装 空置	内 圧 (kg/cm ²)	150	
	内 容 積 (l)	70×2(ケ)	
	圧力調整弁	スプリング式 給気量 2,500 l/min (標準状態) に調整	
酸給 素装 供置	内 圧 (kg/cm ²)	150	
	内 容 積 (l)	25	
	圧力調整弁	スプリング式 供給量 200 l/min (標準状態) に調整	

も半径 150 mm の丸みを付した。同様な考慮はシェルターの前後部および操舵室にも払われている。詳細は図 5-1 の線図に示す。

5.3 艇体構造

試作艇の外観, 中央横載面および一般配置をそれぞれ図 5-2, 図 5-3 および図 5-4 に示す。艇を構成する部材の配置および寸法は十分な強度を有するよう計画

し, 完成後実施した 125% 荷重試験においても何等の異状は認められなかった。空気箱は図 5-3 のとおり外板および空気箱側板にて構成した。坐席は縦方向 3 列にベンチを設け, 定員 34 人を確保した。なお吃水線上の外板には断熱のため 25 mm 厚さのグラスウールおよびグラスウールクロスを内張りした。シェルター上部には 1,200×600 (mm) の出入用蓋を各舷に 3 個宛計

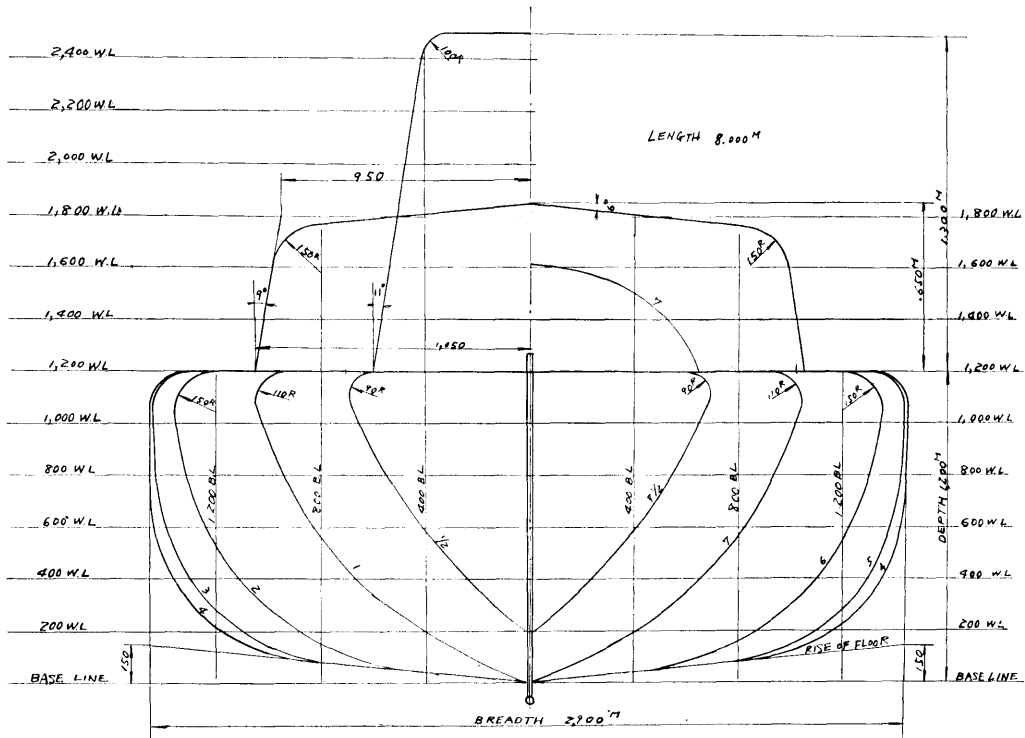


図 5.1 線

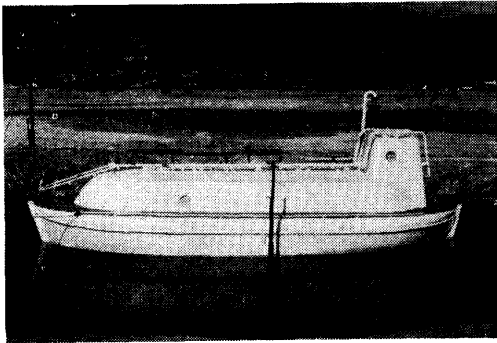


図 5.2 試作艇の外観

6個設け、その各々には基礎実験の結果に基づきクリップ6個宛を配した。出入用蓋およびマンホール（操舵室天蓋）の締付構造は図5.5のとおりである。クリップをはじめテイラーおよびリフティングフックのロッド回転部が艇体を貫通する箇所にはブッシュ、パッキング等をはめこみ気密保持には充分留意した。舷窓は径200mmの砲金製盲蓋つきのものを計5個設けた。主機は散水時においても6ノットの速力がでるよ

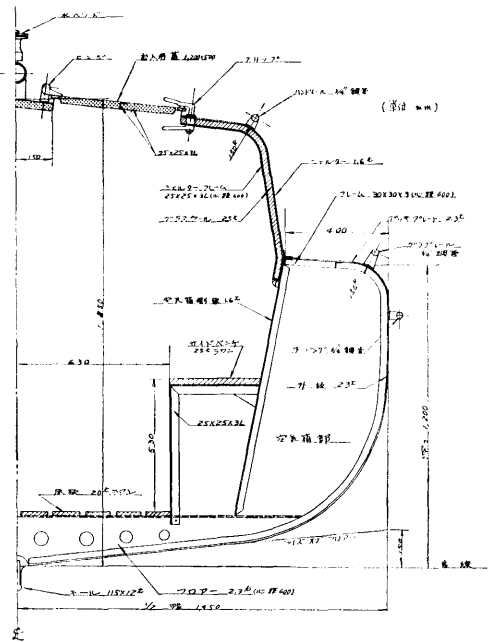


図 5.3 中央横載面

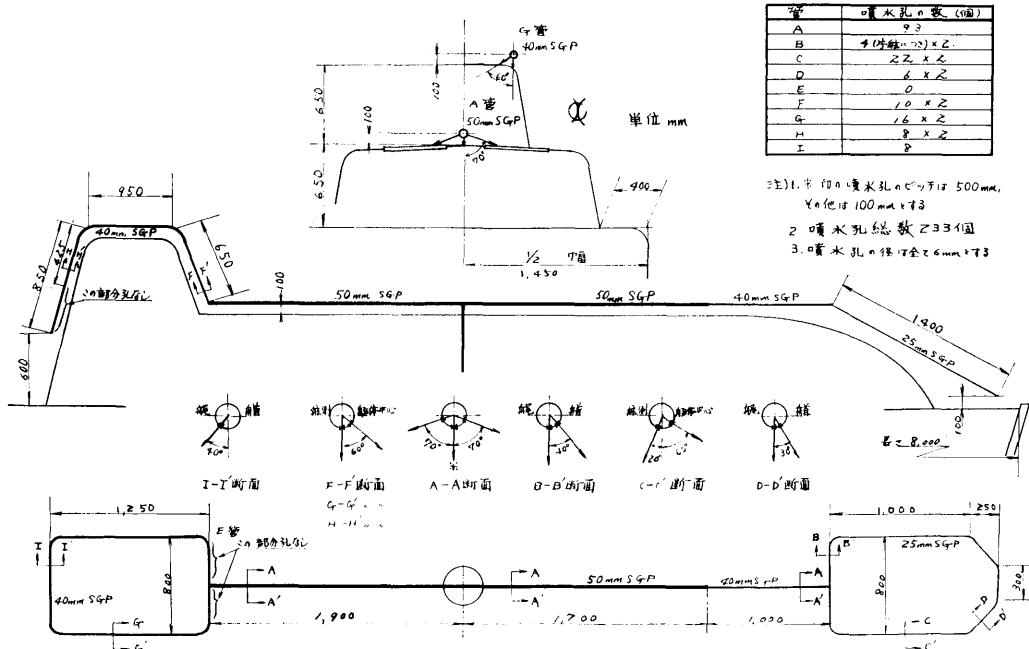


図 5.6 多孔管式散水管

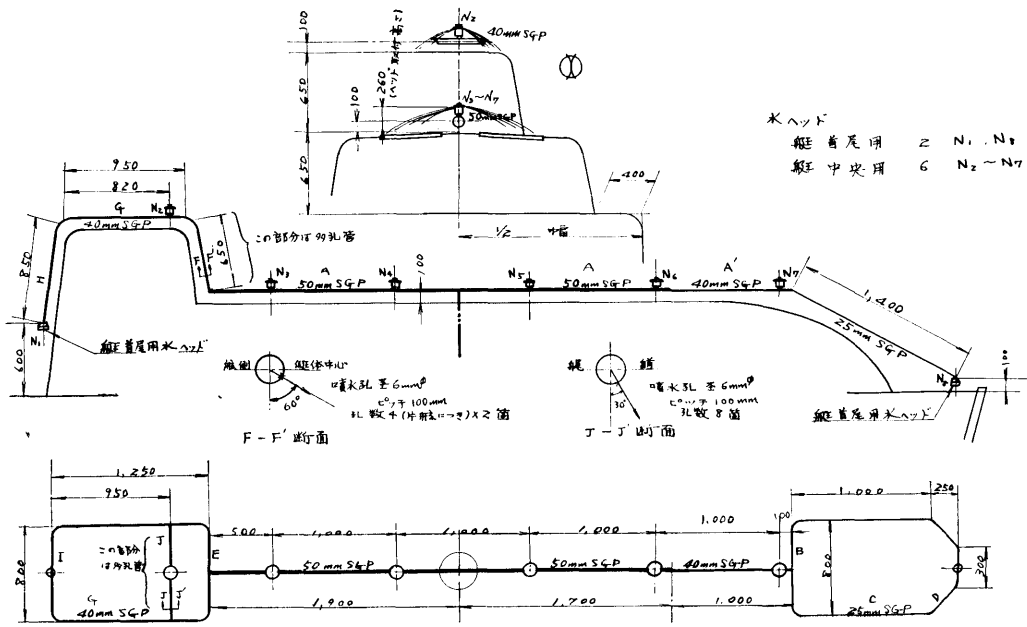


図 5.7 水ヘッド式散水管

う4サイクル4気筒、水冷式の32馬力ディーゼルエンジンを選んだ。

5.4 散水装置

艇体冷却用の散水ポンプは主機にVベルト掛け(回転比1)とした。また艇体冷却方式は艇体上部の散水管およびヘッドを取り換えることにより、多孔管式、水ヘッド式、泡ヘッド式のいずれの方式も試験が可能である。散水管の設計要領は次のとおりである。

1) 艇体の冷却に水を用いる場合には全揚程 0.5 kg/cm²、水量 800 l/min とする。また空気泡を用いる場合には全揚程 3.5 kg/cm²、水量 420 l/min (泡発生量 2,200 l/min) とする。

2) 散水は艇上部より艇体に沿い自然流下するよう、散水管は艇の中心線上首尾方向に設ける。

3) 散水が風で艇体より飛散することを防ぐため、散水管はできるだけ艇体に近接させ、艇体頂部よりの散水管取付高さを多孔管は 100 mm とし、また水ヘッド式および泡ヘッド式のそれぞれの吹出口の艇体頂部からの高さはそれぞれ 260 mm および 50 mm とする。

4) 多孔管式散水管には図5.6のとおり径 6 mm の噴水孔 233 個を配し、その噴水方向は艇外表面の形状

を充分考慮して決定した。また基礎実験の結果、操舵室上部の高位置における噴水量を増すため、艇尾部の管径は艇首部に比べて大きくし更に *I* 管および *H* 管の噴水孔の数を少くした。

5) 水ヘッド式散水管には図5.7のとおり艇中央部にピッチ 1,000 mm で水ヘッド 5 個 ($N_3 \sim N_7$) を、操舵室上部に 1 個 (N_2) を、また首尾部には形状の異なる水ヘッド 2 個 (N_1, N_8) を取り付けた。また基礎実験の結果より操舵室前壁面を充分濡らすため *F* および *J* 管に 1 列の径 6 mm の噴水孔をそれぞれ 8 個宛配した。

6) 図5.8のとおり艇中央部にピッチ 1,000 mm にて泡ヘッド 5 個 ($n_3 \sim n_9$) を、また艇首に 3 個 ($n_{10} \sim n_{12}$)、艇尾部および操舵室上部に 4 個 ($n_1 \sim n_4$) それぞれ配置した。艇首尾部のもの ($n_1 \sim n_4$ および n_{12}) は泡が直接艇外へ飛散するのを防ぐため、そのデフレクターの径を中央部のものより小さくしてある。

5.5 エンジンの給気方法

エンジンの運転に要する給気は次の2方式の何れの方法でも実験できるようにした。

I) 高压空気容器より一旦艇内に放出した空気をエンジンに利用する方式。

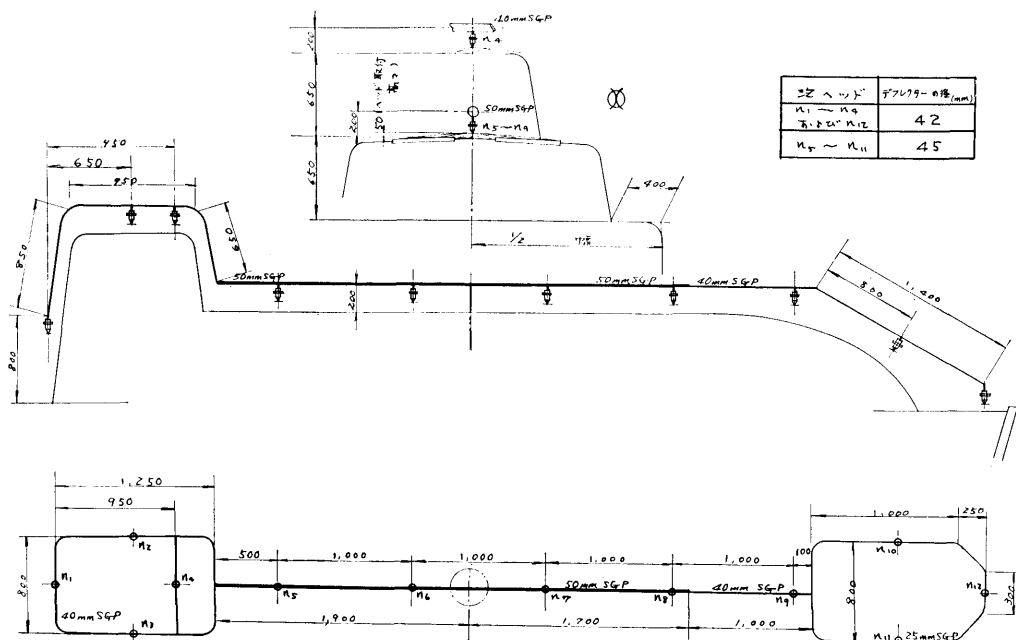


図 5.8 泡ヘッド式散水管

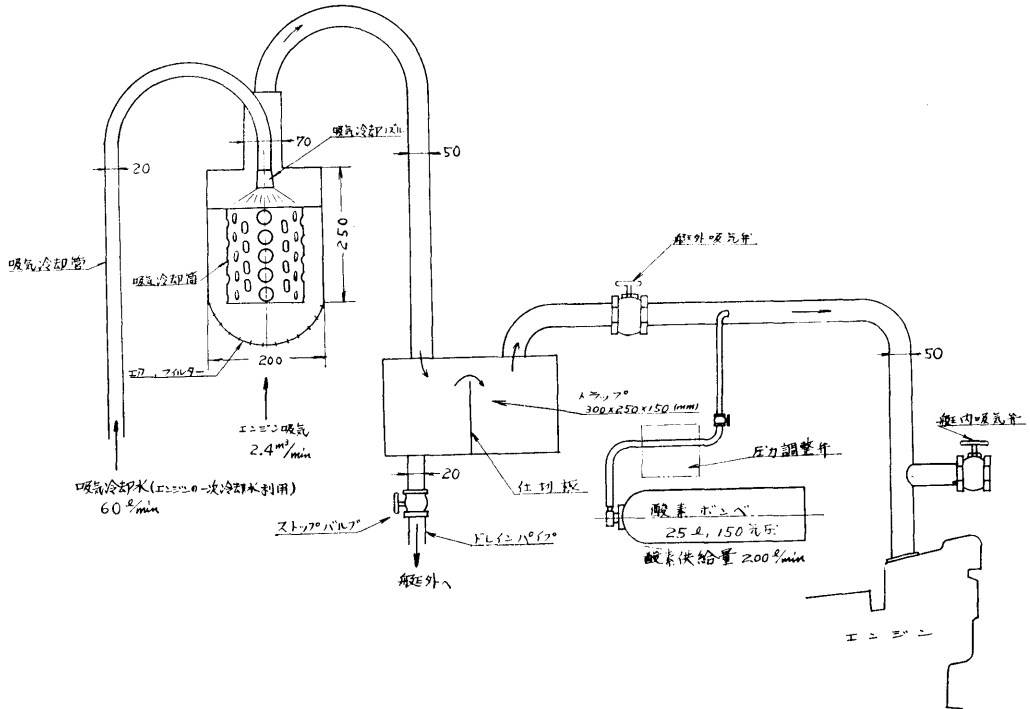


図 5-9 火災海面上の外気をエンジン吸気に利用するための諸装置

II) 火災中の外気を利用し、図 5-9 のとおり吸気冷却装置および酸素供給装置を備える方式。このとき酸素供給量はエンジン吸気に 8% 補給できるようにした。(4.4 エンジンの運転試験, 参照)

5.6 給気装置

エンジンの運転および艇内圧を保持するため、艇内には容量 70 l、圧力 150 kg/cm² の高圧空気容器を 2 本備えた。即ちエンジンの運転に要する空気量は 2,400 l/min (標準空気) であり、艇内圧を 50mm (水柱) 程度高めに保持するため必要な空気量は余裕をみて約 100 l/min と推定した。(図 4-16 参照) 即ち常に一定量 (2,500 l/min) の空気が (約 8 分間) 放出できるよう高圧空気容器には圧力調整弁を設け、その二次設定圧力を 3.0 kg/cm² にした。(4.3 高圧空気の放出試験, 参照)

6. 試作艇の性能試験

試作艇につき数種の性能試験を実施した。

6.1 運転試験

運転試験の成績を表 6-1 に示す。本艇の速力は満載時、エンジン 4/4 負荷にて 6.64 ノットであった。ま

た艇体冷却用ポンプ運転時 (水ヘッド式による散水量 750 l/min のとき) の速力は 6.01 ノットである。

6.2 散水試験

6.2.1 多孔管式散水試験

散水試験は全流量、310~870 (l/min) の範囲で実施した。流量 800 l/min (管内始端圧力 $P_0=0.12\text{kg/cm}^2$) のとき、図 6-1 のとおり艇体外表面は充分かつ一様な散水で覆うことができた。全流量が減少すると、操舵室上部の G 管からの噴水量が著しく衰え、この部の防護が不十分になる。流量はなるべく多いことが望ましいが、少なくとも 600 l/min は必要である。

6.2.2 水ヘッド式散水試験

散水試験は全流量、310~870 (l/min) の範囲で実施した。流量 770 l/min (管内始端圧力 $P_0=0.20\text{kg/cm}^2$) のとき、図 6-2 のとおり艇体全外表面は一様かつ十分な散水で覆うことができた。このとき艇中央部の水ヘッドによる防護直径 (図 6-2 の d) は 1.3m であった。全流量が減少すると操舵室上部の水ヘッド N_2 からの噴水量が著しく衰えるので、流量は少なくとも 600 l/min が必要と思われる。

6.2.3 泡ヘッド式散水試験

表 6・1 運転試験成績表

試験項目		試験結果		記事
試験日時		昭和39年4月13日 14時～16時		
天候, 海上の様相		晴, 平穩		
風向, 風速		SSW, 2 m/sec		艇に対して斜風
気温, 海水温度		25°C, 15°C		
排水量 (kg)		6,500		
平均吃水 (m)		.532		
トリム (m)		.066		A.P吃水, 571. FP吃水, 505
速力試験	主機回転数 (RPM)	2,400	*散水時 (水ヘッドにて) 2,100	エンジンは 4/4 負荷 散水時の試験日時は昭和39年 6月23日, 海上は平穩, 艇に 対して斜風 2.3 m/sec
	排気温度 (°C)	400	425	
	速力 (ノット)	6.64	6.01	
操舵試験	回頭時間 (秒)	21		180° 回頭するに要する時間
	最大縦距 (m)	31		
	最大横距 (m)	31		
後進力試験	後進発令より艇停止までの距離 (m)	25		エンジン負荷を 4/4 前進より 3/4 後進に切換え
	同上所要時間 (秒)	23		

* 走航時における散水量は 750 l/min, ポンプ吐出圧力 0.6 kg/cm², 吸込圧力 -0.18 kg/cm² であった。

流量 370 l/min.(管内始端圧力 $P_3=3.0 \text{ kg/cm}^2$) のときの艇体防護状況は図 6・3 のとおりで, 全外表面を充分覆うことができた。艇中央部の泡ヘッド ($n_5 \sim n_9$) による防護直径は約 1.0 m であった。また艇首尾部において, 十分な数の泡ヘッドを設けたのでよく防護できた。一般に艇の首尾線方向からの風に対しては, 泡はそれほど風の影響を受けず, 向い風 3 m/sec のときも安全と認められた。

6・3 気密試験

艇陸揚げ時および水面上に浮べた時実施した気密試験の結果は図 6・4 のとおりである。即ち艇陸揚げ時の気密度 (間隙) $4.9 \times 10^{-3} \text{ mm}$ に対し, 水面上のものは $1.8 \times 10^{-3} \text{ mm}$ であった。これは艇陸揚げ時, プロペラシャフトおよび舵軸の艇体貫通部および水線下外板の継目等から漏気したものと思われる。

水上浮遊時の艇の気密性能がこの程度のものである

とき, 艇内圧力を高めに保つための所要給気量は図 4・16 から求めることができる。例えば艇内圧を外圧より 50 mm (水柱) 高く保つための給気量は 68 l/min である。なお試験は出入用蓋のクリップを無理なく人力で軽く締めた程度で実施した。使用した出入用蓋およびクリップ等は極めて普通のもので, 実験のため特に入念に製作されたものではない。これに対し或る程度入念に製作されたものの給気量は 19 l/min であることは 4・2・2 に述べたとおりである。

7. 試作艇の耐火実験

前述のとおり数種の性能試験をおこなった試作艇について, 最後に大規模の耐火実験を実施し, その耐火能力を確認した。

7・1 調査, 測定した主要事項

あらかじめ用意された実験池に試作艇を浮べ, 池面

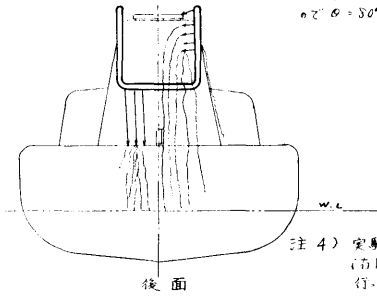
実験日時	昭和39年7月8日
気温/水温(°C)	30/25
流量 (l/min)	8.00
船内風圧力 (kg/cm ²)	0.20
船内湿度 (%)	0.55
船内全揚程 (m)	0.75

散水	P ₁	0.10
管	P ₂	0.01
管	P ₃	0.12
管	P ₄	0.11
管	P ₅	0.05
管	P ₆	0.05

全流量 800 l/min の試験結果

注2) 全流量の 800 l/min にて艇体全外表面は一様
に充分な水で覆うことが出来た。なお全流量の
500 l/min 以下になると G 管の噴水量の抽戻に
域下した。

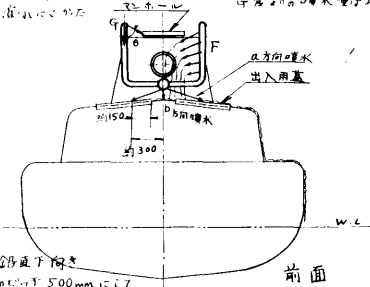
注3) 実験は G 管の噴水角度を 60° (右図参照)
にて行い、その噴水は上部の噴水に比べて
α = 50° に噴水する。



注1)

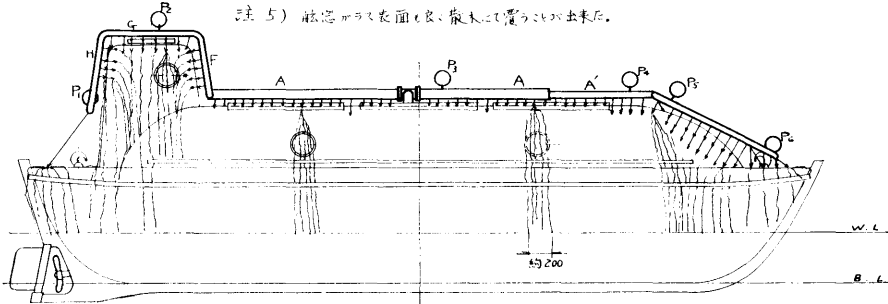
散水	管	噴水方向	孔数
前	H 管	艇体中心	8 × 2 × 2
		H 管	8 × 2
後	H 管	艇体中心	4 × 2 × 2
		H 管	8 × 1

G 管の噴水量が十分なため、H 管中の
無数の噴水孔を筒を上向きにして、H 管
の噴水量が増大した。



注4) 実験は A 及び A' 管の鉛直下向き
(右図 a b 方向) の噴水は、約 500mm にて
行なわれ、出入用蓋の下部に散水口は約 100mm
上、距離は約 1000mm にて行なわれる。

注5) 艇底の表面に散水して覆うことが出来た。



(先印は噴水の艇体に衝突するまでの経路を
細線で艇の外表面を自由な落下経路を示す)

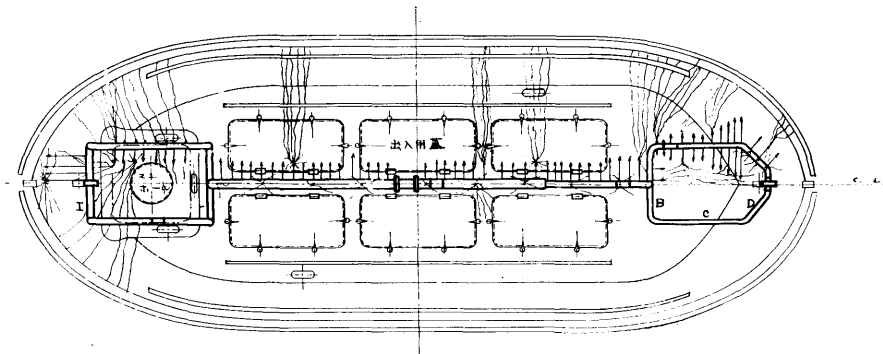


図 6.1 散水試験 (多孔管式) (図 5.6 参照)

実験日時	昭和39年7月3日
気温/水温(°C)	34/23
流量	770
船内噴水圧(kg/cm ²)	0.50
船外噴水圧(kg/cm ²)	0.55
船内全揚程(m)	1.05
水頭数(艇内艇外)	6
(艇内)	艇尾尾用
水頭1個揚程(m)	2.60

散水	R	0.14
船内	R ₁	0.28
船外	R ₂	0.20
船外	R ₃	0.28
船外	R ₄	0.20
船外	R ₅	0.25

水頭	N ₁	55
	N ₂	60
	N ₃	90
	N ₄	90
	N ₅	90
	N ₆	105
	N ₇	100
	N ₈	65
噴水量(l/min)		100

注1) N₂の水ヘッドの2/3は操縦室前部が散水に使用され、その下図のとおりF、J等、6mmφの噴水針16箇所設置、その位置を参照。

注2) 流量が500l/min以下にするとN₂の水ヘッドの1/3以上の水が流出せり、その流量が1,000l/min以上にすると水ヘッドの散水は船外へ直接散水し有効となる。

注3) 全流量が約800l/minになると艇体全表面が一掃の十分な水が覆り出た。

全流量770l/minのときの試験結果

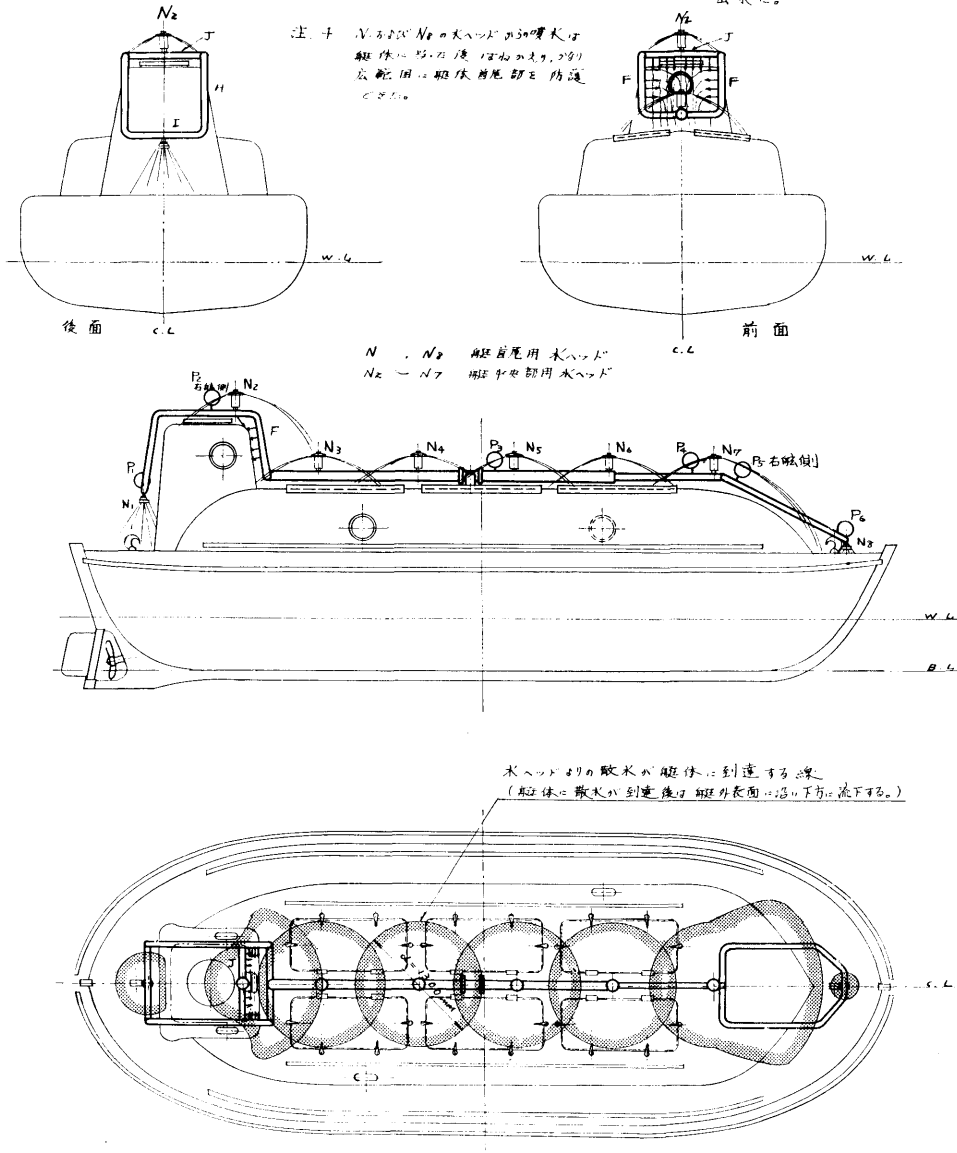
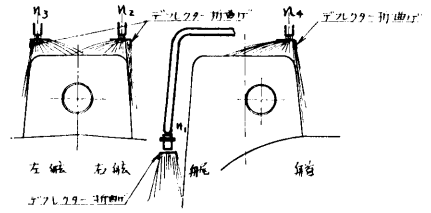


図 6.2 散水試験 (水ヘッド式) (図 5.7 参照)

実験日	昭和37年6月30日
水温(℃)	26.20
流量(l/min)	370
水深(尺)	-0.03
水深(尺)	3.30
水深(尺)	3.33
水深(尺)	1.2
水深(尺)	6

泡ヘッド径(mm)	50
泡ヘッド高さ(mm)	50
散水管内径(mm)	20
泡ヘッド径(mm)	31

泡ヘッド径(mm)	50
$M_1 \sim M_2$	4.2
$M_3 \sim M_{11}$	4.5

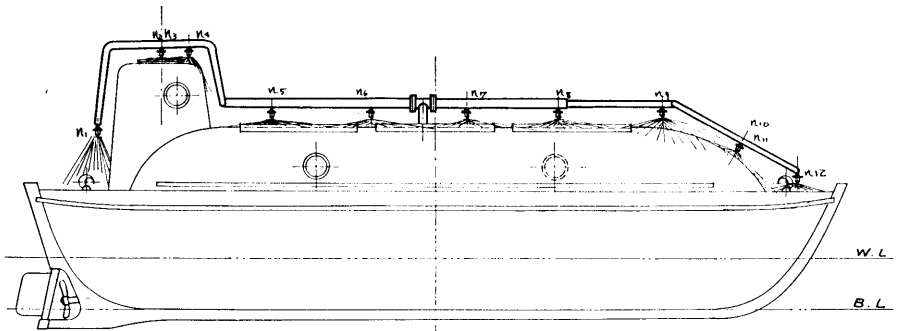
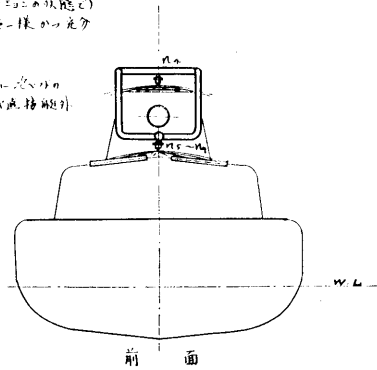
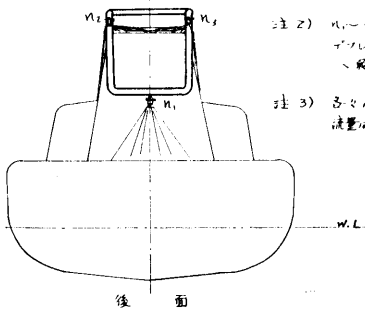


全流量 370 l/min 試験結果

注1) 散水量 360 l/min (110-200 l/min)
以上のとき、船体全長に阻害の恐れがある
と見られる。

注2) $M_1 \sim M_2$ 泡ヘッドと110-200 l/min の
泡ヘッドを同時に使用した場合、
船体全長に阻害の恐れがある。

注3) 各々の泡ヘッドの出力が
流量の1/10程度である。



泡ヘッドの泡の船体へ直接当る防護装置
(泡ヘッドの設置後、船外表面をゴムで覆い
泡が自然に落下する)

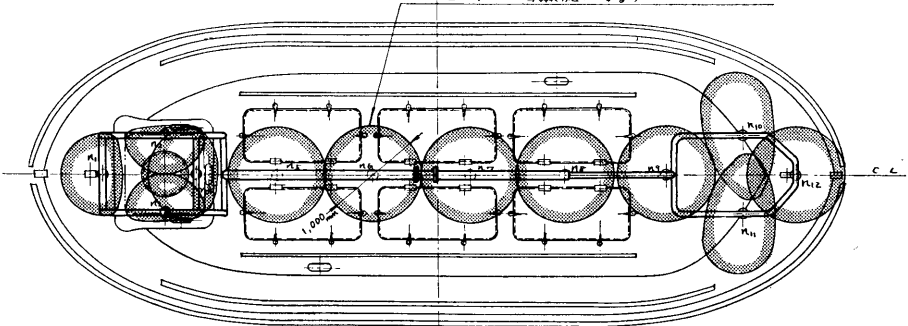


図 6-3 散水試験 (泡ヘッド式) (図 5-8 参照)

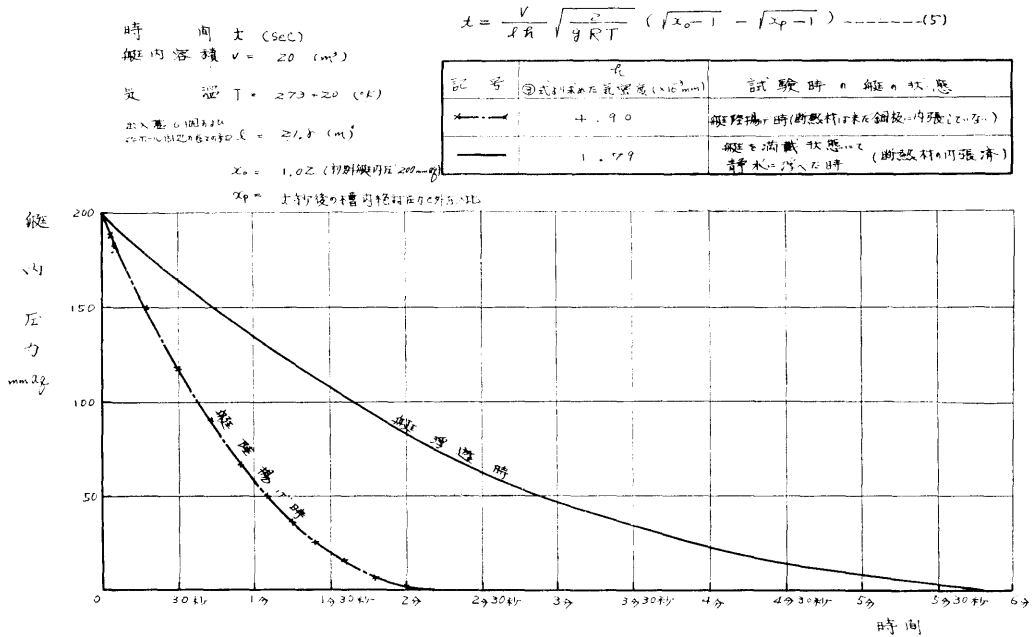


図 6.4 試作艇の気密試験 (艇内圧力の降下状態)

上に数分間油火災を発生させ、この火災継続時間中に次のことを調査、測定した。

- 1) 海面の油火災現象の把握
火災の経過状況、火災高さ、火災温度分布、発生ガスおよび大気中の酸素減少量、燃焼速度等
- 2) 艇体材料、構造等の異状の有無
艇首尾部艇体、艇出入用蓋およびマンホールのクリップ、パッキング、舷窓ガラス、エンジン吸気管およびエアークリーナー等には特に留意した。
- 3) 艇内の生活環境
艇体内表面の温度測定 (特に断熱能力の劣る箇所)、艇内の気温測定、空気の組成分析、艇の気密性能 (艇内圧力の測定)、動物実験等。
- 4) エンジンの作動状況
 - I) エンジン給気を高圧空気容器より供給する場合
 - II) エンジン給気に火災池面上の空気を利用する場合
- 5) 高圧冷気装置の作動状況
艇内圧および給気量の測定。
- 6) 艇の散水冷却状況
散水量およびポンプ吐出圧力の測定。泡原液消費量の測定・空気泡の安定、耐熱性および池面上の拡散状況等。

7.2 実験池

実験池は神戸市東灘区第三上区埋立地に設けた。実験池の形状および寸法は図 7.1 のごとく、水線面において長さ 18.3m、幅 11.9m 面積 188m² であった。また実験池長辺の方向は予測される風向に対して、艇首が風上側に向うように定めた。

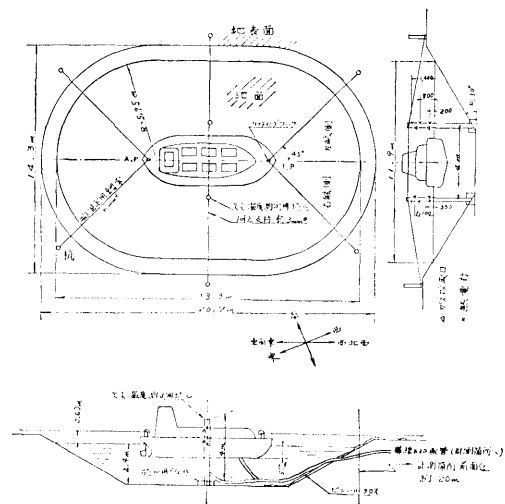


図 7.1 実験池

表 7-1 実験種別および日時

実験種別	A	B
実験日時	昭和39年11月24日 14.00~15.00	昭和39年11月25日 14.00~15.00
艇体冷却法	水ヘッド8個による水冷却	泡ヘッド12個による空気泡冷却
艇体冷却水量	800 l/min	280 l/min
エンジン給気方法	高压容器から供給	艇外周の高熱空気を冷却後酸素約8%補給
火災用燃料	A重油 2,800 l	B重油 5,000 l
同上池面上厚さ	15 mm	27 mm
火災継続時間	約8分	約5分30秒
消火方法	自然鎮火	点火4分30秒後化学泡による消火開始。 5分30秒後ほぼ鎮火

7.3 実験の種別および日時

耐火実験は表7.1のとおり艇体の冷却方法およびエンジン給気方法を異にする2種類につき実施した。

7.4 実験準備

7.4.1 艇の状態

実験は本試作艇を図7.1のとおりほぼ満載状態(吃水570mm, イープン, キール)で池面中央に浮べ、艇首尾のリフティングフックより陸上の杭に鋼索で固

定した。艇体冷却用散水量は表7.1のとおりA実験においては800 l/min, B実験においては280 l/minとなるようポンプのフートバルブの開度を調節した。なおB実験においてはエンジン吸気用として艇外周の高熱空気を使用したので、これを冷却するため、エンジンの二次冷却水120 l/minのうち約60 l/minを利用した。

7.4.2 遠隔操作

エンジンの運転, 艇内給気および各種電磁弁の開閉

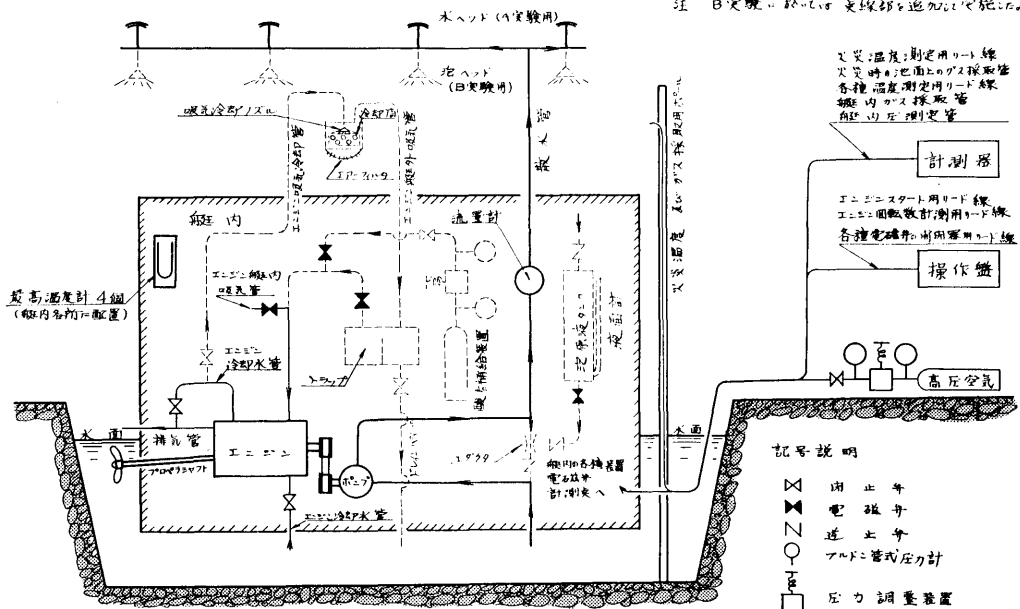


図 7.2 艇内の各種諸装置および遠隔操作

は池の一端より約 20 m 離れた箇所です隔操作した。
(図 7・2 参照)

1) エンジン

艇体冷却用ポンプに直結したエンジンの回転数は実験中毎分 2,400 になるようガバナー、レバーの位置をセットし、エンジンの起動、運転および回転数の測定は遠隔操作した。

2) 給気装置

陸上の給気装置より艇内径 50 mm の管を導き、エンジンの運転および艇内圧を保持するために必要な給気量を毎分約 2,500 l (標準空気)送った。但しエンジンの給気に火災池面上の空気を利用した時は、艇内圧保持に要する給気量 (標準空気を毎分約 100 l) だけを送気するよう給気バルブを調節した。

3) 電磁弁の開閉

艇内には次の 4 個の電磁弁をもうけ、エンジンの吸気切換え、泡発生およびエンジン吸気への酸素補給を陸上から操作した。

イ) エンジン艇外吸気用電磁弁 (径 50 mm)

ロ) エンジン艇内吸気用電磁弁 (径 50 mm)

ハ) 泡原液補給用電磁弁 (径 20 mm)

ニ) 酸素補給用電磁弁 (径 15 mm)

7・4・3 測定機器類

実験中に使用した測定機器は次のとおりである。

1) 気象状況

風向、風速計。乾湿温度計

2) 火災温度等

火災温度およびエンジンの吸気温度の測定は径 0.65 mm のクロメル-アルメル熱電対を使用し、陸上の電子式自動記録計に記録した。

3) 艇体の表裏面温度

径 0.3 mm の銅-コンスタンタン熱電対を用い、陸上のミリボルト計にて計測した。更に不可逆性のサーモラベルを艇内各箇所貼り付けた。

4) 艇内気温

3 線式白金抵抗温度計を用い陸上の電子式自動記録計に記録させた。なお別に最高温度計を艇内に配置した。

5) 空気分析

火災池面上および艇内の空気を陸上の真空ポンプにより採取し、後刻オルザートガス分析計およびガスクロマトグラフにより分析した。

6) 艇内圧

艇内より陸上送管を導き艇内圧を測定した。

7) その他

艇内への送気量、エンジン吸気への酸素補給量および泡原液消費量等を測定した。

なお A・B 両火災実験とも、二十日鼠 3 匹を艇内に入れておいたが、火災実験終了後も外見上何らの異状は認められなかった。

7・4・4 油火災用燃料

A 実験は消火作業を実施せず、自然鎮火を待つこととした。即ち火災現象を 7~8 分間一様に保ち以後急速に自然鎮火するよう計画した。このため油火災用燃料は A 重油とし、これを池の 3 方より計 2,800 l (油層厚さ 15 mm) 散布し、更にガソリン 100 l を散布した。

B 実験においては、B 重油 5,000 l (油層厚さ 27 mm)、ガソリン 100 l を同様の方法で散布した。使用した重油およびガソリンの特性は表 7・2 のとおりである。

7・5 A 実験

本実験の目的は艇を最も安全、確実と思われる状態に保持したときの耐火性能を確認することである。即ち艇体全外表面を充分と考えられる散水量で一様に冷却し、エンジンの運転および艇内圧の保持に必要な空気は高压容器より一旦艇内に放出の上補給した。

7・5・1 実験順序

池面に点火するまでの実験順序は次のとおりである。

1) エンジンの回転数および散水量をそれぞれ毎分 2,400 回転および 800 l になるよう調節。

表 7・2 油火災用燃料の特性

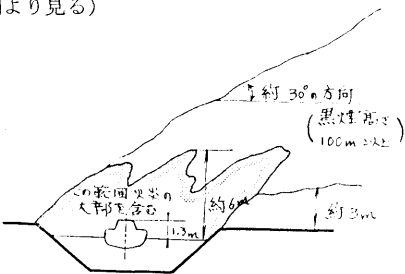
	比 (15°C)	重 度	粘 度 (C・S) 50°C	引 火 点 (°C)	燃 焼 熱 (kcal/kg)	残 留 炭 素 (%)
A 重 油	0.859		8.5	87	11,000	1.3
B 重 油	0.912		16.2	77	10,600	5.5
ガ ソ リ ン	0.722				13,000	

- 2) 艇の出入用蓋およびマンホールを閉鎖。退去。
- 3) A重油 2,800l を3箇所より池面上に散布。
- 4) エンジンを艇外吸気にて作動し、散水を開始。
- 5) ガソリン 100l を3箇所より池面上に散布。
- 6) 点火直前にエンジンの吸気切換え。(エンジンは艇内吸気にて作動。散水開始) 同時に陸上の高圧空気を艇内に給気。

表 7.3 A実験直前の気象状況等

天 候	晴後曇 (実験中は薄曇)		
気 温	12°C	湿度	52%
実験池の水温	11°C		
風 向	北北西 (右舷斜前方45°)	風速	3.5 m/sec

表 7.4 火災状況等 (A実験)

時間 (点火より)	池 面 上 の 状 態	艇 の 状 況
準 備	A 重油 2,800l (3ヶ所より) ガソリン 100l (") } 散布済 重油散布前の水位 2,410mm	ハッチ閉鎖 エンジン運転 (艇外吸気) 中 散水中
0 (14時43分)	点 火	艇内に高圧給気開始・エンジン 艇内吸気に切換え
0分30秒	火災は池面上全域に拡がる	
2分 と 4分	火災状況は下図のとおり (船側より見る) 	火災および黒煙のため艇は全 く視認できない。
5分	風上側の火勢やや衰える	
5分30秒	池面の1/4 (風上側) 火勢弱まる。	艇および散水状態に異状なき ことを視認
7分	池・中央部の火勢弱まる	
8分	火災は池周辺のみになる	
8分30秒	火災殆どなくなる。	
9分~9分30秒	池面上を消防車の放水にて冷却	
9分30秒	池面上の煙ほとんどなくなる。	エンジン艇外吸気に切換え高 圧給気停止, 散水中
11分30秒 ~12分30秒	池面および艇体を消防車の放水にて冷却	
13分		エンジン停止・散水停止
17分30秒	風下側は約 6m にわたり土石とも変色し池縁より 4 ~5m 距て設置した木杭2本は何れも燃焼し円錐状の 炭化杭となる。	

注) 実験中エンジンの状態は終始良好で、回転数毎分2,400を常に保っていた。

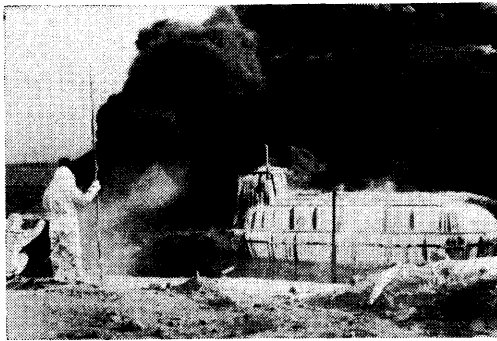


図 7.3 火災状況 (A実験・点火7分後)

7) 点火

7.5.2 火災状況等

点火直前の気象状況および火災状況は表 7.3, 図 7.3 および表 7.4 のとおりである。

7.5.3 測定結果

1) 火災時における艇周辺の外気温度およびガス成分
 イ) 火災温度は図 7.4 のとおりである。一般に点火直後急激に火災温度は上昇し, 点火 7 分後には 800~1,100(°C) の高温に達している。但しこの間にも極端な低温 (500°C以下) を示した箇所 (No. 2, No. 3) もあるが, これは艇の散水飛沫または風上側からの冷却した大気の吹付けによる影響と思われる。鎮火後池面に近い位置, 特に風下側の火災温度は比較的遅くまで低下しなかった。

ロ) 実験中の池面上ガス成分は図 7.5 のとおりであ

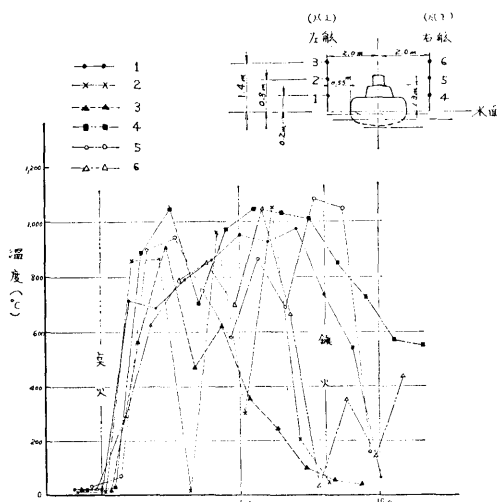


図 7.4 火災温度 (A実験)

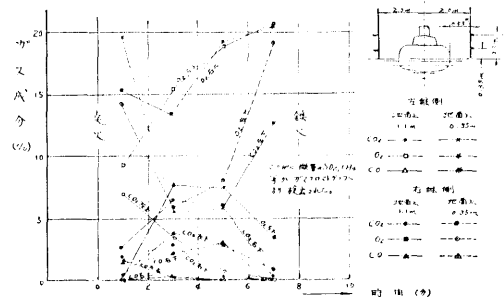


図 7.5 火災時における池面上のガス成分 (A実験)

る。即ち O₂ は最小値 5.4% まで低下し, これに伴い CO₂ は 7.6% に達している。また最大 3.7% の CO が発生し, 外気は乗員の安全に対して極めて危険な状態にあり, 更にエンジンの給気用としても, そのままでは実用に供し難いことが判る。このことは池面上低位置の箇所において特に著しい。

2) 艇内の気温およびガス成分

イ) 艇内の気温は図 7.6 のとおりで, 点火直前 15.5~17.5 (°C) のものが点火後約 10 分で最高値 18~22 (°C) に達した。一方予備実験において艇を密閉した

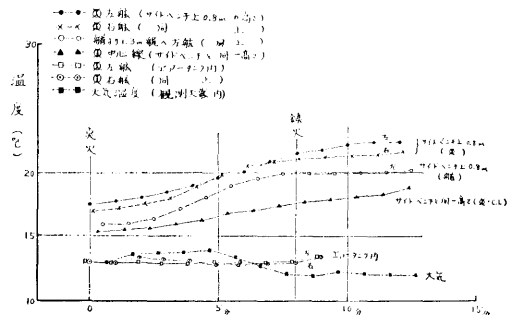


図 7.6 艇内気温 (A実験)

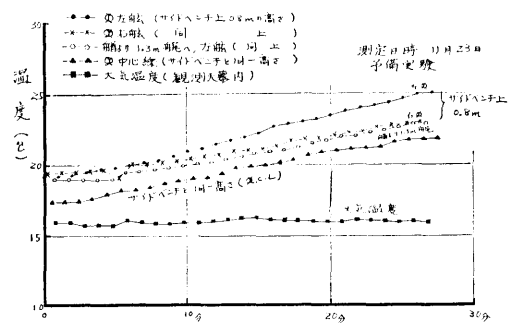


図 7.7 エンジン運転中の艇内温度上昇 (艇外吸気時)

ままエンジン運転中の艇内気温の変化を測定したところ図7・7のとおりである。即ち本実験の結果が示す艇内気温は乗員に全く危険を与えるものではない。

ロ) 実験中の艇内空気の成分は図7・8のとおりで実験前と全く変化のないことを示している。これは艇内気圧を外圧より50~100mm(水柱)高く保ったからである。

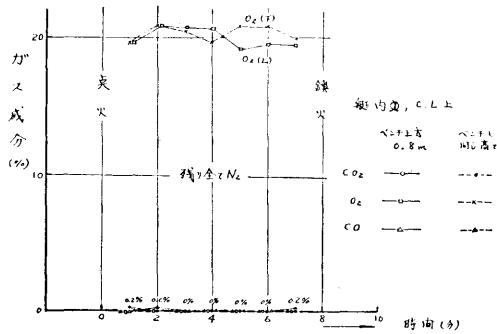


図 7-8 火災時における艇内ガス成分 (A実験)

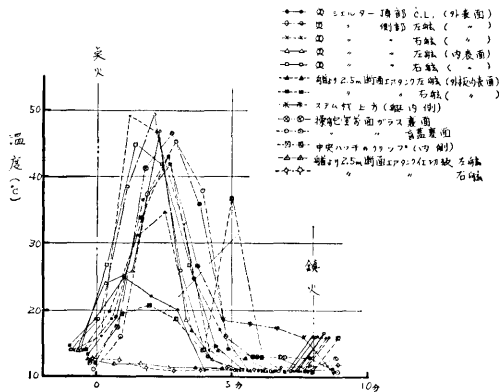


図 7-9 艇体鋼板温度 (A実験)

3) 艇体表裏面温度

イ) 艇体鋼板温度は図7・9のとおりで、散水により充分覆われた箇所(例えばシェルター頂部中心線上)は最高約25°Cに達したにすぎないが、比較的散水量の少ないと思われる箇所(例えばシェルター側部)においては最高約49°Cに達した。また温度測定をおこなわなかった右舷艇尾下方の一部に、やや高温に達したと思われる箇所がある。(7・5・4 艇体の損傷状況、参照)

ロ) 舷窓、盲蓋等の温度の最高値は図7・9のとおり34~37°Cで断熱材内表面温度より明らかに上昇して

いるが、これ等はいずれも小範囲の特殊箇所であり、またそれ程高温でもない故一応不安は感じられない。

ハ) 断熱材の艇内側表面温度は図7・10のとおり一般に艇内気温と同程度で、断熱材の効果が認められる。即ち艇体鋼板裏面温度とこの鋼板裏面に貼り付けた断熱材の艇内側表面温度との間に約25°Cの温度差を生じている。

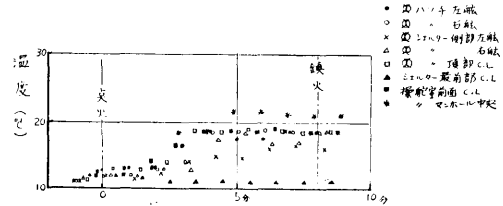


図 7-10 断熱材内表面温度 (A実験)

4) 艇内圧および給気量

エンジンの運転および艇内圧保持のため、高圧空気を艇内に給気した。(図7・11参照)

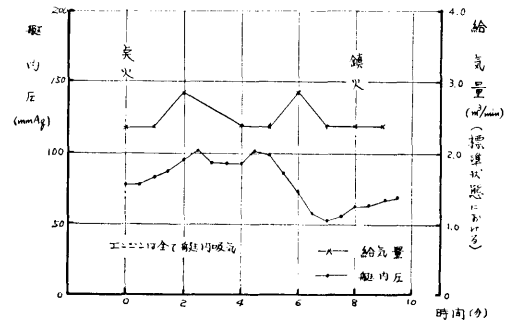


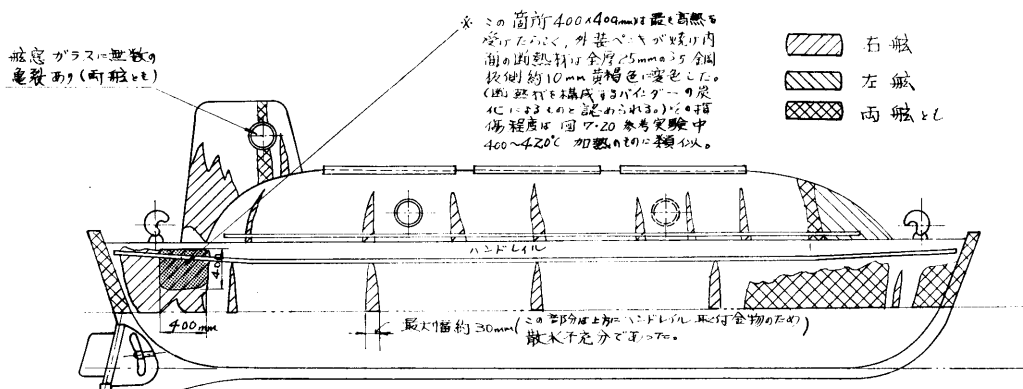
図 7-11 給気量および艇内圧 (A実験)

7・5・4 艇体の損傷状況

艇体冷却のため散水はできるだけ全外表面を一樣に覆うよう、水ヘッドの数および配置に充分な考慮を払ったにもかかわらず、艇首尾においては他の部分より若干散水程度が劣る箇所があったようである。即ち図7・12および図7・13のとおり外面ペイントが焼け、黄褐色または黒色に変色した箇所があったが、何れも重大な欠陥とは認め難い程度である。

7・5・5 考 察

この実験では艇体全外表面を散水により一樣かつ充分に冷却し、また艇の気密性も充分保持できたので、本艇は充分な耐火性能を具備することが確認できた。但し複雑な形状を有する艇首尾部を一樣かつ充分な



注1. ※以外の斜線記入箇所ではその表面が黒色と存在が内部断熱材等には何等異状は認められなかった。
 2. 図示の他には艇内外に異常な存在、実験後の気密試験において気密は認められなかった。

図 7-12 A実験後の艇体外面見取図

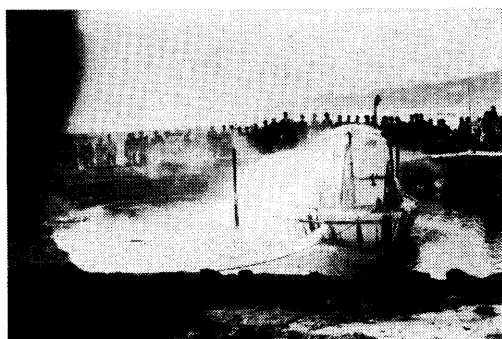


図 7-13 A実験直後の艇外観

散水で防護することは、艇中央部に比べてやや困難であったが致命的なものではない。舷窓ガラスは耐火性の欠点となる懸念があるゆえ、その数および大きさを極力小とし、必ず盲蓋を設けるべきである。

7-6 B 実験

艇体を冷却する方法として散水のかわりに空気泡を用いることも考えられる。散水試験(6・2・3 泡ヘッド式散水試験参照)によれば艇外面を空気泡で一様かつ十分な泡で覆うことができる最小水量は 360 l/min であり、これ以下の水量では冷却効果が著しく低下するものと思われる。

また一方耐火実験の際艇を防護するため多量の空気泡を発生させれば、これ等が池面上に流下浮遊し、十分な火災現象の発生および持続を妨げる懸念があった。従ってB実験においては次の方針に従い実験を進

めることとした。

- 1) 冷却効果のある程度低下させたときの艇の損傷程度を調査する。そのため水量を 280 l/min とする。
- 2) 火災発生前池面上に拡散する空気泡を極力少くするため、散水用ポンプの起動を点火と同時に起こす。
- 3) エンジン運転に必要な給気は火災池面上の大気を利用することとし、これを冷却した後酸素 8% (標準状態において 200 l/min)を補給する。
- 4) 点火後 4~5 分経過したとき化学泡により消火する。

7-6-1 実験順序

池面上に点火するまでの実験順序は次のとおりである。

- 1) エンジン回転数および散水量をそれぞれ毎分 2,400 回転および 800 l になるよう調節。
- 2) エンジン吸気に補給する酸素流量が 200 l/min (標準状態)になるよう艇内の圧力調整弁を調整
- 3) 艇の出入用蓋およびマンホールを閉鎖、退去
- 4) B 重油 5,000 l を 3 箇所より池面上に散布
- 5) ガソリン 100 l を 3 箇所より池面上に散布 (点火直前)
- 6) エンジンを艇内吸気にて作動 (空気泡にて艇体防護) 陸上の高圧空気を艇内に給気
- 7) 点火 (6) と同時)

7-6-2 火災状況等

表 7-5 B実験直前の気象状況等

天 候	晴		
気 温	12°C	湿度	63%
実験池の水温	11°C		
風 向	南々西(左舷横風)	風速	1.5 m/sec

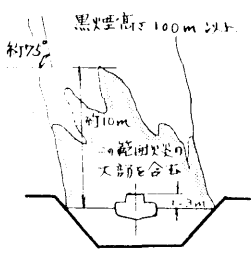
点火直前の気象状況および火災状況は表7-5、図7-14および表7-6のとおりである。

7-6-3 測定結果

1) 火災時における艇周辺外気的气体成分

外気的气体分析結果は図 7-15 のとおりである。実験時は殆ど無風に近かったので右舷側および左舷側共著しい差異はなかった。

表 7-6 火災状況等 (B実験)

時間 (点火より)	池 面 上 の 状 態	艇 の 状 況
準 備	B 重油 5,000l (3ヶ所より) ガソリン 100l (") } 散布済 重油散布前の水位 2,408 mm	ハッチ閉鎖
0 (14時42分)	点 火	エンジン作動 (艇内吸気) 発泡開始 艇内に高压給気開始
0分30秒	火災は池面上全域に広がる	
2分		エンジン艇外吸気に切換え エンジン吸気に酸素補給 艇内給気減量 (艇内圧保持量のみ)
2分 } 4分	火災状況は右 図のとおり (船側よりみる) 	1分30秒以後火炎および黒煙のため艇は全く視認できない
4分		エンジン艇内吸気に切換え 酸素補給停止 艇内給気増量
4分30秒 } 6分	池面上を化学泡により消火作業中	
6分	火炎消失し、白煙もうもうとなる。	艇および艇の空気泡冷却状態に異状なきことを視認
7分	白煙なくなる	艇の空気泡冷却停止・以後散水のみ
7分45秒		エンジンおよび散水停止
8分		乗艇点検

注) 実験中エンジンの状態は終始良好で、回転数毎分 2,400 を常に保っていた。

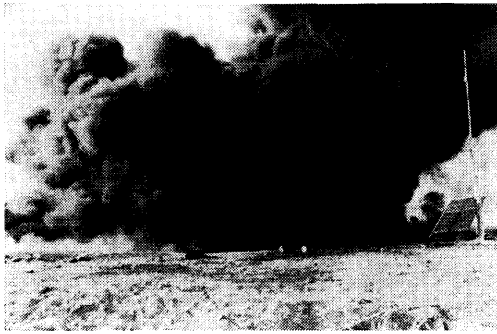


図 7-14 火災状況 (B実験, 点火3分後, 艇は全く視認できず)

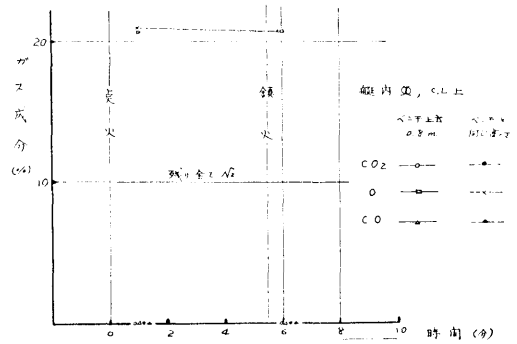


図 7-17 火災時における艇内ガス成分 (B実験)

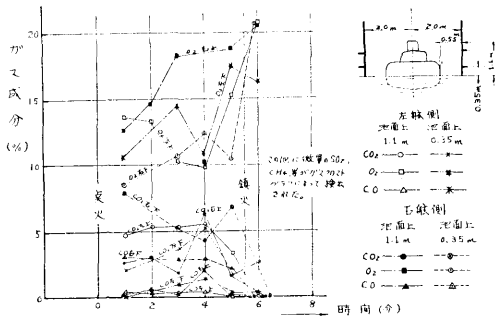


図 7-15 火災時における池面上のガス成分 (B実験)

A実験終了後おこなった消防車による散水冷却のため, 火災温度測定用の熱電対は使用不可能となった。しかし火災規模より判断すれば, 火災温度はA実験時と同程度のものと思われる。

2) 艇内の気温およびガス成分

艇内の気温およびガス成分はそれぞれ図 7-16 および図 7-17 のとおりであるが, いずれもA実験と同様な程度で乗員に対する危険は全くない。

3) 艇体表裏面温度

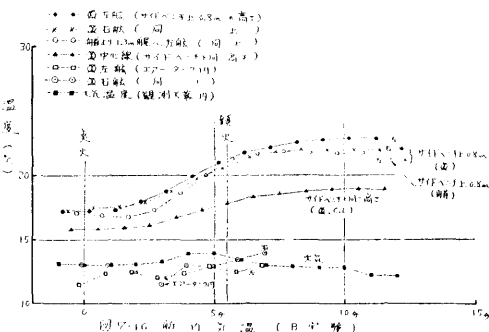


図 7-16 艇内気温 (B実験)

イ) 艇体鋼板温度は図 7-18 のとおりである。艇体外面は本実験においてかなりの高熱を受けたと思われる箇所 (左舷のみ) があるが, そのうち鋼板表面温度を測定したのは左舷舷シェルター側部のみで記録計は220°Cをこえスケール・アウトしている。その他の箇所の表面温度はA実験時に比べわずかに高い。(7・6・4艇体の損傷状況参照)

ロ) 舷窓ガラス, 盲蓋等断熱効果の劣ると思われる箇所の温度の最高値は図 7-18 のとおり 21~41(°C)でA実験と同様一応不安はない。

ハ) 断熱材内表面温度は図 7-19 のとおりでA実験の結果と大差はない。また艇体鋼板表面温度が220°Cをこえた位置の断熱材も他の箇所と同様の温度で十分な断熱効果があることを示している。

4) エンジンの吸気温度

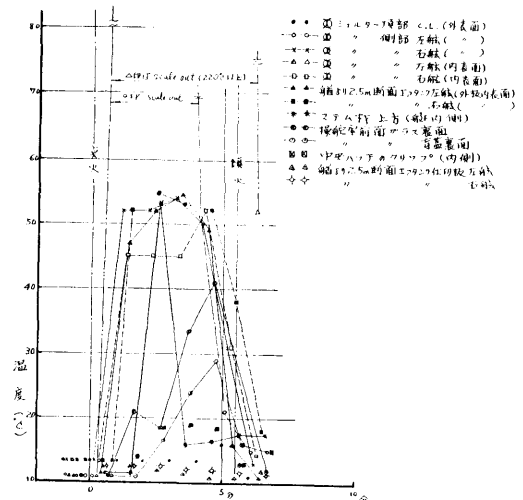


図 7-18 艇体鋼板温度 (B実験)

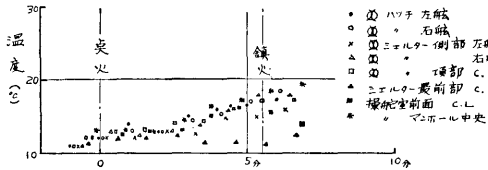


図 7.19 断熱材内表面温度 (B実験)

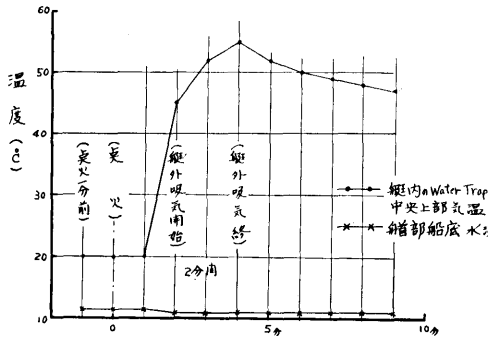


図 7.20 エンジン吸気温度および船底の水温 (B実験)

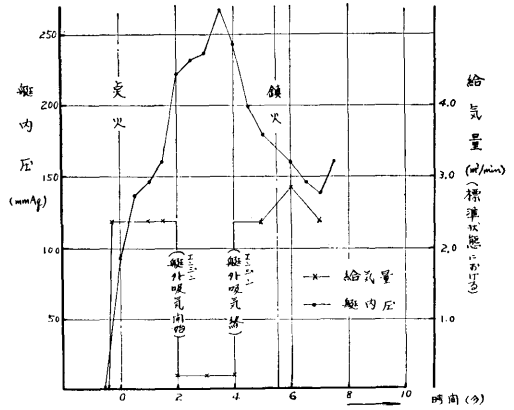
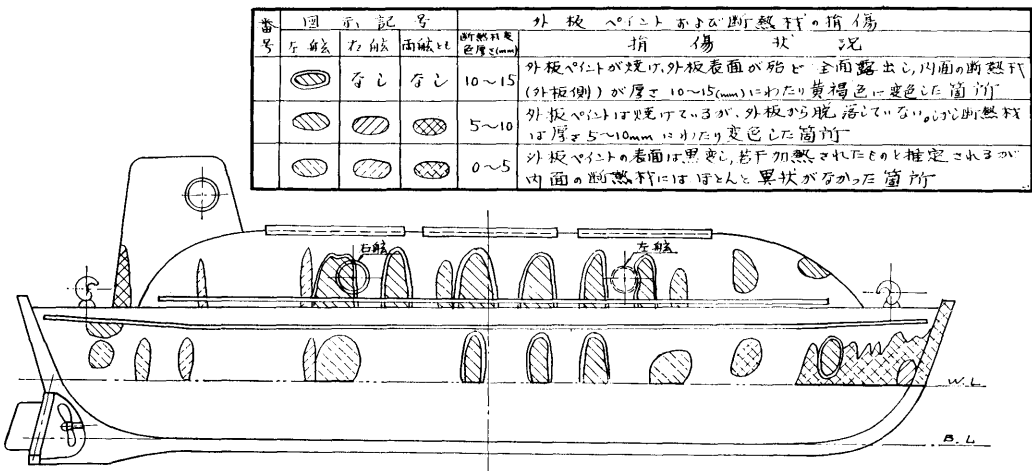


図 7.21 給気量および艇内圧 (B実験)



注 1. 回示以外の箇所には異状なし。
2. その他鋼板部の変形、舷窓ガラスの破損損傷は皆無。

○ 参考 断熱材の加熱実験

実験艇使用のグラスウール断熱材と全く同一の試料100×100(mm)を薄鋼板上にのせ、下方のバーナーで10分間加熱し、断熱材の加熱側表面温度とその焼け程度を調査したところ、下表のようであった。

加熱側表面温度(°C)	断熱材厚さ(mm)	グラスウールの損傷状況
400~420	12	上記表中のは比較的に軽微の程度
250~280	7	上記表中の之と比較して同程度
180~220	なし	ほとんど影響を受けず、極めてわずかな黄褐色に着色

図 7.22 B実験後の艇体外表面見取図

図 5・9 のトラップ内で測定した吸気温度は図 7・20 のとおりで約 55°C であるから実用上さしつかえない程度まで充分冷却されたものと思われる。

なお吸気冷却水により冷却された吸気は艇内のトラップにおいて水分を充分分離し、エンジン吸気口へ導かれるが、この実験終了後の調査ではトラップ内には全く溜水は認められなかった。

5) 艇内圧および給気量

実験時の給気量および艇内圧は図 7・21 のとおりである。

6) 空気泡原液および酸素補給量

実験時の空気泡原液消費量は毎分 17.1 l で水量毎分 280 l に対し 6.1% 溶液であった。また酸素補給量は毎分 203 l (標準状態) でエンジン吸気量 2,400 l/min に対して 8.5% に相当する。

7・6・4 艇体の損傷状況

B 実験終了後の艇体外面見取図は図 7・22 および図 7・23 のとおりで、最も被害の著しいものは、左舷側(風上側)の約 10 箇所を外装ペイントが脱落し、この箇所内面の断熱材が厚さ 10~15 (mm) にわたり黄褐色に変色(バインダーの炭化)した。実験当時の風は

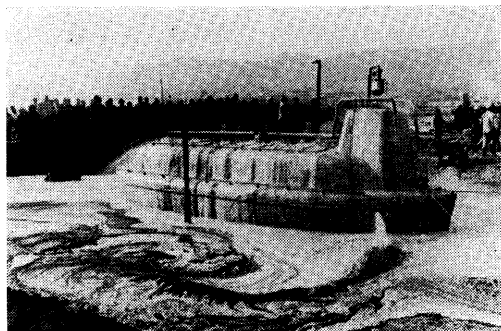


図 7・23 B 実験直後の艇外観

軽微であったが、火熱による上昇気流の影響を受け、風に弱い空気泡の性質が左舷側に損傷を集中させたものと推定される。A 実験において艇の首および尾部に損傷が集中したのに対して、B 実験では首および尾部は中央部に比べ比較的影響は軽微であった。同箇所にて設けた泡ヘッドに対する考慮を充分にはらった結果と考えられる。

7・6・5 考 察

1) 空気泡冷却方式について

B 実験においては空気泡を得るための水量が安全限度以下で、更に艇体冷却用ポンプ起動の時機を実験池面点火と同時に起こった。そのため A 実験に比べ艇

の冷却効果を著しく低下したことは前述のとおりである。即ち水量の減少により空気泡分布の一様性を乱し、またポンプ起動後艇外面が有効な空気泡で覆われるには約 1 分の時間を必要とするからである。しかしこの実験結果はただちに致命的な重大欠陥を示す程度には達していない。即ち艇体自体の変形、強度の低下等は認められず、艇内の気温および艇体内表面温度は断熱材の効果により A 実験の結果とほぼ同程度であった。従ってこの実験艇のポンプ能力 (420 l/min, 3.5 kg/cm²) を充分に発揮させることにより空気泡方式も実用可能であると思う。

しかしながら空気泡が極めて軽量のため風に弱いことは一考を要する。本艇の計画に際し、艇首尾方向の風に対しては極力その影響を少なくするよう泡ヘッドの数および配置について考慮したが、艇の横方向の風に対して充分な対策を施すことは困難であった。また散水冷却に比べ機構がやや複雑であり、泡ヘッド、泡原液の保守、管理に若干の関心を必要とする等を考え、散水冷却方式の方が有利と思われる。

2) 火災海上の外気利用(エンジン吸気)について

本艇は密閉式であるから火災以外の場合においても在来型に比べ著しく居住性に優れている。

これを一層確実にするためには、エンジン運転時の給気は艇内と全く無関係に別個の吸気取入口を設けることが望ましい。一般にエンジン用給気を艇内の高压容器より供給するとき、その空気放出量を適量にするにはかなりの熟練を要し、特に過少となる場合は危険である。また艇内に収容する高压容器の容量は定員その他に影響するのでおのずから制限がある。従って高压容器の予備装置として火災中の外気を利用できるこの種の装置を併用することは多くの点において有利である。

8. 結 語

タンカー用救命艇がその性能を充分保持するため必要な各種条件を検討し、そのうち重要と思われる次の事項につき基礎実験をおこなった。

- 1) 艇冷却のための散水対策
- 2) 出入用蓋の気密対策
- 3) 吸気中の酸素が減少したときの主機の運転性能

これらの実験結果に基づき実用上有効と考えられるタンカー用救命艇を試作後、各種の実艇試験を実施し若干の改善を試みた。更にこの試作艇を用い耐火実験を実施し、油火災の現象、火災による艇体内外面の温

度上昇、艇内の生活環境および救命艇の損傷状況等を調査した。

これ等各種の実験結果を充分活用することにより、信頼度の高い有効なタンカー用救命艇が得られるものと確信する。

9. 謝 辞

この実験研究をおこなうに当り耐火実験場所の使用

を許可され、また実験時の保安、消火等に格別の御配慮をいただいた神戸市、更に実験艇の製造、耐火実験池の建設等に種々御世話になった石原造船所および信貴造船所、各種消火材料を提供して下さったヤマト消火器(株)、耐火実験時の各種計測に御協力力下さった川崎重工研究室、その他この実験に協力、援助していただいた各方面の各位に心から御礼を申し上げます。